



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

INOVACE LABORATORNÍ ÚLOHY: REVIZE INSTALACE A ZAŘÍZENÍ

INNOVATING A LABORATORY TASK: INSPECTION OF ELECTRICAL WIRING AND DEVICES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Klement

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Kadlec, Ph.D.

BRNO 2019



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Elektronika a sdělovací technika**

Ústav radioelektroniky

Student: Petr Klement

ID: 174212

Ročník: 3

Akademický rok: 2018/19

NÁZEV TÉMATU:

Inovace laboratorní úlohy: Revize instalace a zařízení

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte dostupné materiály k demonstračnímu panelu a revizním přístrojům. Seznamte se s principy měření impedance ochranné smyčky, dotykového napětí, úbytku napětí a dalších postupů potřebných k revizi. Navrhněte zařízení pro simulaci poruch na revidovaném elektrickém zařízení. Po aktivaci poruchy budou revizní přístroje ukazovat překročení povolených hodnot impedance a dalších měřených hodnot. Nastudujete podrobně normy, seznámte se s přístroji a navrhněte způsob simulování poruch. Navrhněte blokové schéma zařízení pro zařazení poruchy do měřeného přístroje.

Upravte elektrické zařízení tak, aby na něm bylo možné aktivovat poruchy a následně je detekovat revizními přístroji. Navrhněte postup měření laboratorní úlohy dle požadavků norem a zpracujte návod pro studenty, včetně vzorového řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] ČSN 33 2000-6 ED. 2. Elektrické instalace nízkého napětí: Část 6: Revize. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[2] ČSN 33 1600 ED. 2. Revize a kontroly elektrických spotřebičů během používání. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

Termín zadání: 4.2.2019

Termín odevzdání: 23.5.2019

Vedoucí práce: Ing. Radim Kadlec, Ph.D.

Konzultant:

prof. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá inovací laboratorní úlohy, jménem Revize instalace a zařízení. Cílem je sestavit zařízení, pomocí kterého bude možné simulovat chyby při revizním měření na spotřebiči. Úloha je rozšířena o sestavení samotného spotřebiče, který bude měřen a na kterém budou dále simulovány chyby. Pro měření bude využit digitální měřicí přístroj typu Revex. Bezpečnost zařízení bude zajištěna měřicími vlastnostmi přístroje Revex, uložením obvodu do krytu sestaveného přístroje a malými přesahy měřených hodnot nad rámec normy při spuštění chyb. Součástí práce je návod pro studenty a vzorový protokol. Obvod byl nasimulován pomocí programu TINA 9.0. Vlastnosti sestaveného zařízení byly ověřeny kontrolním měřením, které prokázalo správnou funkci jak samotného přístroje, tak i vypracovaného návodu a protokolu.

Klíčová slova

Revize spotřebiče, Revex, měřicí metody, unikající proud, odpor izolace a vodiče PE, simulace poruch

Abstract

The semestral project deals with the innovation of laboratory tasks, called Inspection of Installation and Equipment. The aim is to construct a device that will be able to simulate errors during the inspection on the appliance. The task will be extended to build the appliance itself, which will be measured and further simulated errors. The Revex digital measuring instrument will be used for measurement. The safety of the device will be ensured by the measuring properties of the REVEXprofi instrument, by storing the circuit inside the built-in device and by the small overlaps of the measured values above the standard when the error is triggered. Part of the work is a guide for students and a sample protocol. The circuit was simulated with TINA 9.0. The properties of the constructed equipment were verified by a control measurement which proved the correct function of both the instrument itself and the elaborated instructions and protocol.

Keywords

Revision of the appliance, REVEXprofi, measuring methods, leakage current, insulation resistance and PE conductors, fault simulation

Bibliografická citace:

KLEMENT, P. *Inovace laboratorní úlohy: Revize instalace a zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2019. 24 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Kadlec, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Inovace laboratorní úlohy: Revize instalace a zařízení jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho diplomové (bakalářské) práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové (bakalářské) práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové (bakalářské) práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **20. května 2019**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Radimovi Kadlecovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: **20. května 2019**

.....
podpis autora

Obsah

1. Úvod	6
2. Revize elektrického spotřebiče.....	7
2.1 Metody používané při revizi spotřebiče.....	8
2.1.1 Měření odporu ochranného vodiče.....	8
2.1.2 Měření izolačního odporu	9
2.1.3 Měření proudu protékajícího ochranným vodičem	10
2.1.4 Měření náhradního unikajícího proudu	10
2.1.5 Měření dotykového proudu	11
2.2 Metody používané k měření elektrické instalace.....	12
2.2.1 Impedance ochranné smyčky	12
2.2.2 Úbytek napětí	12
2.2.3 Dotykové napětí	13
2.3 Přístroj Revex.....	14
3. Návrh zařízení pro spuštění chyb	15
3.1 Odpor ochranného vodiče PE proudem 200 mA – spotřebiče třídy I.....	16
3.2 Odpor ochranného vodiče PE proudem 10 A – spotřebiče třídy I	17
3.3 Úbytek napětí na PE proudem 10 A – spotřebiče třídy I.....	18
3.4 Měření izolačního odporu	19
3.5 Měření unikajícího proudu.....	19
3.5.1 Proud procházející ochranným vodičem PE	20
3.5.2 Náhradní unikající proud.....	21
3.5.3 Rozdílový (unikající) proud	21
3.7 Výkonový rozsah součástek	22
4. Výroba samotného zařízení.....	24
4.1 Schránka samotného přístroje	24
4.2 Zajištění chlazení	25
4.3 Montážní deska	26
4.3.1 Příprava montážní desky	26
4.3.2 Příprava desky k montáži součástek.....	27
4.3.3 Montáž součástek na desku	28
4.4 Grafický návrh	28
4.5 Montáž komponentů na víko a připevnění desky	30
4.6 Připojení vodičů	31
4.7 Kontrola zapojení.....	32
5. Návod a protokol.....	33
5.1 Předmluva	33
5.2 Samotné měření.....	33
5.3 Připravený protokol.....	34

6. Návrh zařízení pro spuštění chyb	35
6.1 Kontrolní měření odporu ochranného vodiče	35
6.2 Kontrolní měření izolačního odporu	36
6.3 Kontrolní měření proudu protékajícím ochranným vodičem.....	36
6.4 Kontrolní měření náhradního unikajícího proudu.....	37
6.5 Kontrolní měření rozdílového (unikajícího) proudu	38
6.6 Kontrolní měření dotykového napětí	39
6.7 Kontrolní měření spotřeby	37
6.8 Shrnutí.....	40
7. Závěr	42
Přílohy.....	46

Seznam symbolů a zkratek

Zkratky:

FEKT	...	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	...	Vysoké učení technické v Brně
MP	...	Měřicí přístroj

Symbols:

U	...	napětí	[V]
I	...	proud	[A]
L	...	fázový vodič	
N	...	nulový vodič	
PE	...	ochranný vodič	
Z_s	...	měřená impedance poruchového proudu začínající a končící v místě poruchy	[Ω]
U₀	...	napětí mezifázovým vodičem a uzemněným nulovým vodičem	[V]
I_a	...	proud způsobující automatickou funkci ochranného přístroje ve stanovené době	[A]
Z_e^{NP32}	...	změří impedance ochranné smyčky vodiče vedení	[Ω]
Z_e	...	impedance smyčky tvořené napájecím vodičem vedení a uzemněným vodičem	[Ω]

Seznam obrázků

Obr. 2-1 Postup při revizi spotřebiče [2].....	7
Obr. 2-2 Měření odporu ochranného vodiče spotřebiče odpojeného od sítě [2]	9
Obr. 2-3 Měření izolačního odporu u spotřebiče třídy ochrany I odpojitelných od zdroje [2].....	9
Obr. 2-4 Měření proudu protékajícího ochranným vodičem u izolovaně uložených spotřebičů třídy ochrany I [10]	10
Obr. 2-5 Měření náhradního unikajícího proudu u spotřebičů třídy ochrany I [2]	11
Obr. 2-6 Měření dotykového proudu přímou metodou u spotřebičů třídy ochrany II [10]	11
Obr. 2-7 Princip měření poruchové smyčky [11].....	12
Obr. 2-8 Měření úbytku napětí [6]	13
Obr. 2-9 Dotykové a krokové napětí v závislosti na potenciálu země [7]	13
Obr. 2-10 Přístroje Revex	14
Obr. 3-1 Návrh zařízení	15
Obr. 3-2 Odpor ochranného vodiče PE proudem 200 mA.....	16
Obr. 3-3 Odpor ochranného vodiče PE proudem 10 A	17
Obr. 3-4 Úbytek napětí na PE proudem 10 A – spotřebiče třídy I	18
Obr. 3-5 Měření izolačního odporu.....	19
Obr. 3-6 Proud procházející ochranným vodičem PE.....	20
Obr. 3-7 Náhradní unikající proud	21
Obr. 3-8 Rozdílový (unikající) proud	22
Obr. 4-1 Elektroinstalační krabice bez osazených součástí	25
Obr. 4-2 Umístění přepážek	26
Obr. 4-3 Montážní deska.....	28
Obr. 4-4 Osazená deska	28
Obr. 4-5 Grafický návrh.....	29
Obr. 4-6 Výsledné zobrazení.....	30
Obr. 4-7 Zapojené zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči	32
Obr. 4-8 Hotové zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči	32
Obr. 5-1 MP Revex 2051 (nalevo), Revex Profi (uprostřed), Revex Profi II (napravo)	34
Obr. 6-1 Simulace chyby pro odpor ochranného vodiče s MP Revex Profi II	35
Obr. 6-2 Simulace chyby pro izolační odpor s MP Revex 2051	36
Obr. 6-3 Simulace chyby pro proud procházející PE s MP Revex Profi	37
Obr. 6-4 Simulace chyby pro náhradní unikající proud s MP Revex 2051	38
Obr. 6-5 Simulace chyby pro rozdílový (unikající) proud s MP Revex Profi	38
Obr. 6-6 Simulace chyby pro úbytek napětí s MP Profi II.....	39
Obr. 6-7 Měření spotřeby s MP Revex Profi	40

Seznam tabulek

Tabulka 2-1 Lhůty revizí elektrických spotřebičů [4].....	8
Tabulka 2-2 Hodnoty izolačních odporů u spotřebičů [2]	33
Tabulka 6-1 Hodnota výkonu na součástkách	41

1. ÚVOD

Revize elektrického spotřebiče je souhrn úkonů, při kterých se zjišťuje stav zařízení z hlediska bezpečnosti. Její součástí je měření elektrických parametrů za pomoci měřicích přístrojů, které jsou určeny k tomuto účelu. Postupy a meze povolených hodnot jsou dány normami. Při revizi je třeba dbát na technickou dokumentaci konkrétního spotřebiče. Pokud zjištěné hodnoty neodpovídají těm povoleným, nelze zařízení z bezpečnostního hlediska uznat provozuschopným.

Cílem této bakalářské práce je sestavit zařízení pro spouštění chyb na spotřebiči v laboratorní úloze Revize instalace a zařízení. Tato laboratorní práce má za úkol seznámit studenty s měřicími metodami, které se užívají k zhodnocení stavu elektrického zařízení. Dále byla úloha rozšířena o sestavení měřeného spotřebiče, který je třídy ochrany I a bez neuzemněných vodivých ploch přístupných dotyku. Díky tomuto faktu nebude samotná práce hlouběji zaměřena na metody pro revizi elektrické instalace, jejíž součástí je například měření impedance ochranné smyčky, ale právě na metody pro posuzování elektrických spotřebičů, které jsou v laboratorní úloze využity. Metody, kterými se bude spotřebič posuzovat jsou Měření odporu ochranného vodiče, Měření izolačního odporu, Měření proudu protékajícího ochranným vodičem, Měření náhradního unikajícího proudu, Měření náhradního rozdílového proudu a Měření úbytku napětí. Nakonec je třeba ověřit spotřebu sestaveného zařízení. Pro zjištění stavu bezpečnosti sestaveného zařízení bude použit digitální přístroj typu Revex. Součástí práce je i zpracování návodu pro studenty, včetně vzorového řešení.

Úvodní část bakalářské práce se zabývá teoretickým popisem využití metodiky. To zahrnuje postup při revizi a podrobnější objasnění konkrétních metod a povolených hodnot pro různé typy spotřebičů. V této kapitole jsme primárně vycházeli z normy ČSN 331600 ed. 2. Také se zde nachází stručný popis přístrojů typu Revex.

Druhá část se zabývá návrhem zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči. Hodnoty použitých součástek jsou navrženy tak, aby při nespouštěné chybě zařízení odpovídalo požadavkům normy. Ve chvíli sepnutí poruchy jim však nevyhoví, ale z bezpečnostních důvodů je překračuje jen mírně. Zapojení bylo simulováno v programu TINA 9.0. Zde spočítané veličiny jsou v pozdější části porovnávány s těmi změřenými.

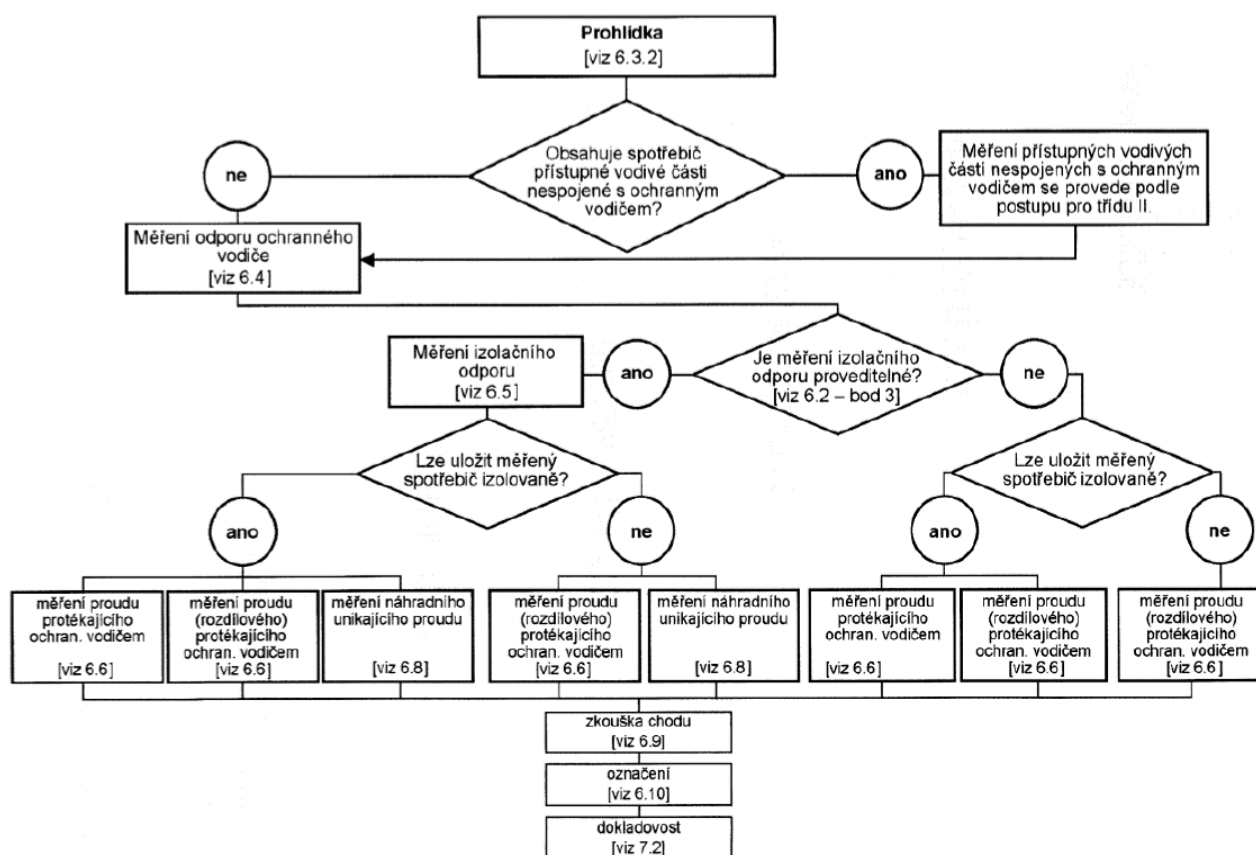
V dalším kroku je popsána výroba samotného zařízení. Její součástí je úprava rozbočovací skříně, která byla použita jako schránka přístroje, způsob výroby a osazení desky, díky které lze spouštět chyby. Také je zde popsán grafický návrh a celkové zapojení jednotlivých komponentů, včetně určení jejich parametrů. Poté je v bakalářské práci popsán návrh návodu, který bude součástí laboratorního měření a protokolu k vyplnění.

V poslední části je popsáno kontrolní měření, díky kterému jsme ověřili správnost sestaveného zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči, návodu a protokolu. Proběhlo s využitím všech dostupných MP Revex, které budou pro tuto laboratorní úlohu používány. V této kapitole jsou popsány jednotlivé kroky úlohy, zjištěné výsledky, popis vzniku poruch a celkové zhodnocení zařízení.

2. REVIZE ELEKTRICKÉHO SPOTŘEBIČE

Revize elektrického spotřebiče je souhrn úkonů, při kterých se prohlídkou, měřením a zkouškou chodu zjišťuje stav spotřebiče z hlediska bezpečnosti. Při revizi je třeba respektovat původní technickou dokumentaci.

Nejdříve tedy dochází k vizuální kontrole zařízení z hlediska bezpečnosti před úrazem elektrickým proudem. Poté dochází k ověření elektrických parametrů z hlediska bezpečnosti před úrazem elektrickým proudem za pomoci měřicích zařízení a až poté se ověřuje funkce ovládacích prvků a poslechové posouzení činnosti [2]. Konkrétní postup je zobrazen na obrázku 2.1.



Obr. 2-1: Postup při revizi spotřebiče [2]

Pro spotřebiče, které se nachází v domácnosti, není zákona povinné provádět pravidelnou revizi i přes to, že je to z bezpečnostních důvodů doporučeno.

Lhůty revizí elektrických spotřebičů jsou dány normou ČSN 33 1600 ed. 2 a jsou zobrazeny v tabulce 2.1.

Tab. 2-1 Lhůty revizí elektrických spotřebičů [4]

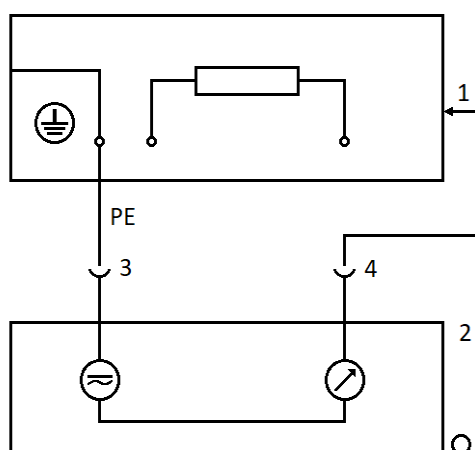
Skupina spotřebičů podle užívání		Třída	Spotřebiče držené v ruce	Přenosné spotřebiče
A	Pronajímané	Všechny	Vždy před vydáním uživateli a dále podle skupiny užívání	
B	Používané venku	Třídy I	3 měsíce	6 měsíců
		Třídy II a III	6 měsíců	
C	Používané ve výrobě uvnitř budov	Třídy I	6 měsíců	24 měsíců
		Třídy II a III	12 měsíců	
D	Používané ve veřejných přístupných prostorech	Všechny	12 měsíců	24 měsíců
E	Používané v administrativě	Všechny	12 měsíců	36 měsíců

2.1 Metody používané při revizi spotřebiče

Metodika pro měření elektrických zařízení se vybírá v závislosti na typu měřeného zařízení. Rozhodující je, jestli se jedná o spotřebič, nebo instalaci. Při měření spotřebiče je důležité brát v potaz, jaké je třídy ochrany. Také je třeba dbát na to, jestli se na spotřebičích první pracovní třídy nachází přístupné vodivé části, které nejsou spojeny ochranným vodičem. Dále závisí na tom, jestli lze změřit izolační odpor a jestli lze prověřované zařízení uložit izolovaně.

2.1.1 Měření odporu ochranného vodiče

U spotřebičů třídy ochrany I se odpor měří mezi ochranou zdírkou vidlice a přístupnými částmi, které jsou spojené s ochranným vodičem. Toto lze provést za pomoci zdroje o střídavém nebo stejnosměrném napětí 4 V až 24 V proudem 0,2 A až 10 A. Měřicí proud se se zvolí podle toho, zda spotřebič patří mezi stroje nebo ostatní spotřebiče. Odpor mezi zdírkou ochranného vodiče a přístupnou neživou částí musí být menší než 0,2 Ω při délce přívodu do 3 m. Pokud je přívod delší než 3 m, lze k této hodnotě připočíst 0,1 Ω za každý metr navíc, a to do maximální hodnoty 1 Ω . [2] Pro přesnější zjištění hodnoty odporu je doporučeno při měření pohybovat s kabelem. Schéma zapojení při měření odporu ochranného vodiče viz obrázek 2.2.



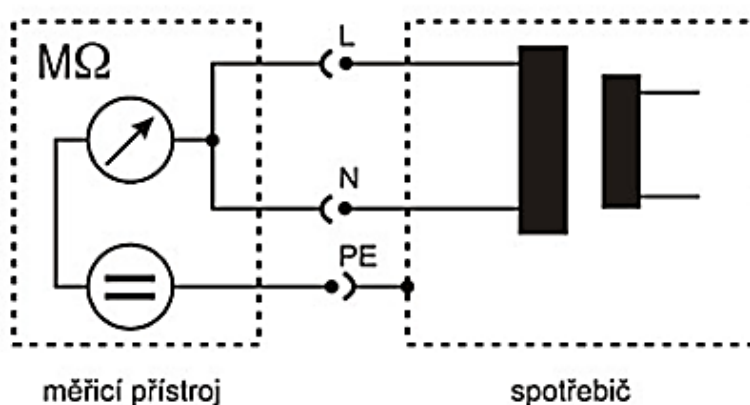
- 1 Měřený spotřebič
- 2 Přístroj proměření odporu ochranného vodiče
- 3 Spojení mezi měřicím přístrojem a ochranným vodičem měřeného spotřebiče
- 4 Spojení mezi měřicím přístrojem a neživými částmi měřeného spotřebiče

Obr. 2-2 Měření odporu ochranného vodiče spotřebiče odpojeného od sítě [2]

2.1.2 Měření izolačního odporu

Izolační odpor se měří za pomoci měřicího zařízení, jehož stejnosměrné jmenovité napětí je nejméně 500 V. Důležité je, aby při měření byly zapnuty všechny regulátory a spínače spotřebiče, který je měřen. To je z důvodu, aby byly změřeny všechny části obvodu.

V situacích, kdy může být přístroj měřicím napětím poškozen, nebo pokud obsahuje části, které se při vypojení přenastaví do stavu, kdy znemožní měření celého spotřebiče, se měření neprovádí. U spotřebičů třídy ochrany I se izolační odpor měří mezi živými částmi a neživými částmi a popř. přístupnými vodivými částmi, viz obrázek 2.3. [2]



Obr. 2-3 Měření izolačního odporu u spotřebiče třídy ochrany I odpojitelných od zdroje [2]

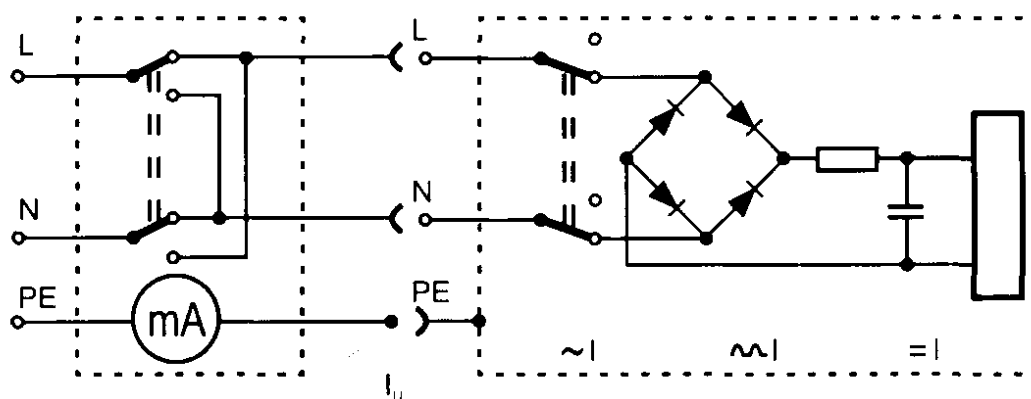
Minimální hodnoty impedancí, dané normou ČSN 33 1600 ed. 2, jsou zobrazeny v tabulce 3.1.

Tabulka 2-2 Hodnoty izolačních odporů u spotřebičů [2]

Spotřebič třídy ochrany	Izolační odpor spotřebičů držených v ruce	Izolační odpor spotřebičů, které nejsou za provozu drženy v ruce	
I	2 MΩ	Tepelné nad 3,5 kW	0,3 MΩ
II	7 MΩ (svítidla 4 MΩ)	Ostatní	1 MΩ
III	0,25 MΩ		0,25 MΩ
Prodlužovací a odpojitelné přívody mezi žilami			7 MΩ

2.1.3 Měření proudu protékajícího ochranným vodičem

U spotřebičů třídy ochrany I se proud protékající ochranným vodičem měří při síťovém napětí. Proud lze měřit přímo v ochranném vodiči v případě, kdy lze objekt uložit izolovaně. Pokud ho takto uložit nejde, zjišťuje se proud protékající ochranným vodičem nepřímo jako rozdílový proud. Maximální povolená hodnota je 3,5 mA kromě případů, kdy je výkon spotřebiče vyšší než 3,5 kW, kde by neměla být vyšší než 1 mA na 1 kW. Nesmí být přiveden jiný přívod než síťové napětí, jelikož by mohlo dojít k překlenutí na zem. [2]



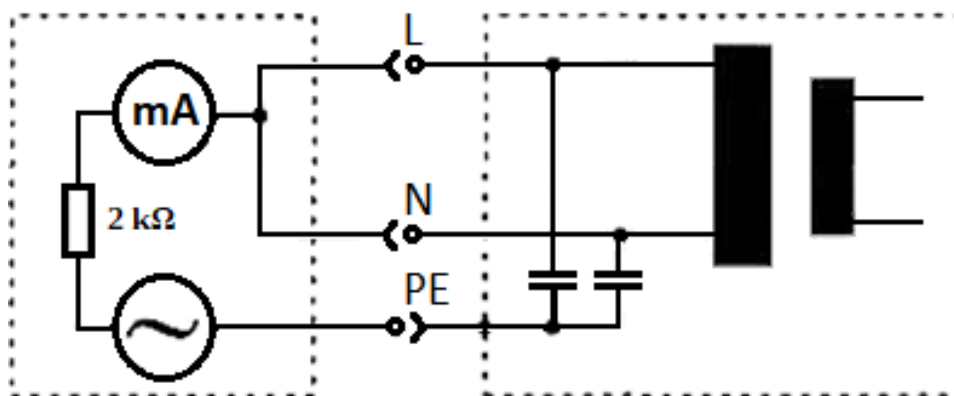
Obr. 2-4 Měření proudu protékajícího ochranným vodičem u izolovaně uložených spotřebičů třídy ochrany I [9]

2.1.4 Měření náhradního unikajícího proudu

Jedná se o alternativní metodu. Lze jí využít v případě, kdy byl naměřen vyhovující izolační odpor. Používá se k tomu samostatný zdroj o napětí 25 V až 250 V. Pokud je napětí zdroje nižší než jmenovité, musí být změřený unikající proud přepočítán na hodnotu při jmenovitém napětí spotřebiče. Při tom je třeba brát na zřetel náhradní odpor

osoby, který činí $2\text{ k}\Omega$.

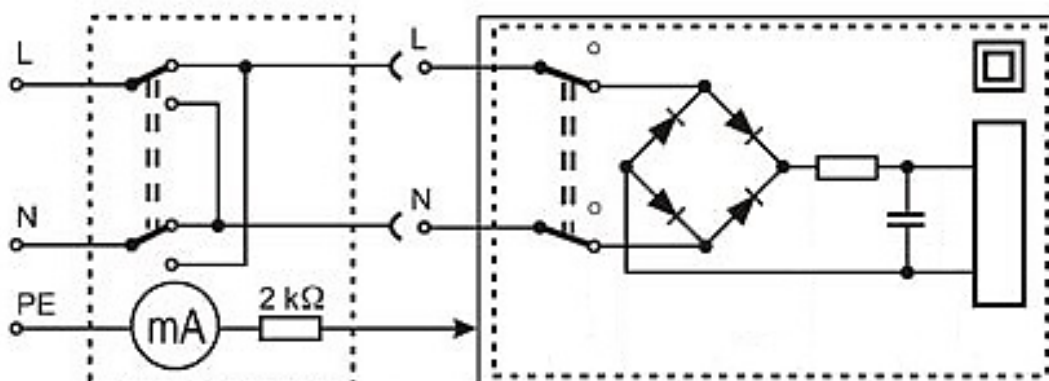
Hodnota zkratového proudu nesmí překročit $3,5\text{ mA}$ při napětí, které je vyšší než 50 V . U spotřebičů třídy ochrany I nesmí unikající proud překročit $3,5\text{ mA}$ (kromě výjimek danými normami) a u spotřebičů třídy ochrany II a vodivých částí, které nejsou spojeny s ochranným vodičem spotřebičů třídy ochrany I, nesmí překročit $0,5\text{ mA}$. [2]



Obr. 2-5 Měření náhradního unikajícího proudu u spotřebičů třídy ochrany I [2]

2.1.5 Měření dotykového proudu

U spotřebičů třídy ochrany I se provádí v případech, kdy se na spotřebiči nachází nevodivé části, které nejsou spojeny s ochranným vodičem. Jinak se používá i u spotřebičů třídy ochrany II. Měření probíhá tak, že po připojení na síťové napětí, se jeden pól MP uzemní (nebo připojí na ochranný vodič PE) a druhý se přiloží na přístupnou vodivou část měřeného spotřebiče. Měří se proud procházející izolací a je přibližně roven proudu procházejícím člověkem při dotyku (to je zajištěno odporem $2\text{ k}\Omega$). U spotřebičů, které lze uložit izolovaně se přednostně používá přímé měření. Pokud je však takto uložit nejde, tak se změří rozdílový proud vyhodnocením proudu, který do spotřebiče přichází a odchází. Dotykový proud nesmí překročit hranici $0,5\text{ mA}$.



Obr. 2-6 Měření dotykového proudu přímou metodou u spotřebičů třídy ochrany II [9]

2.2 Metody používané k měření elektrické instalace

2.2.1 Impedance ochranné smyčky

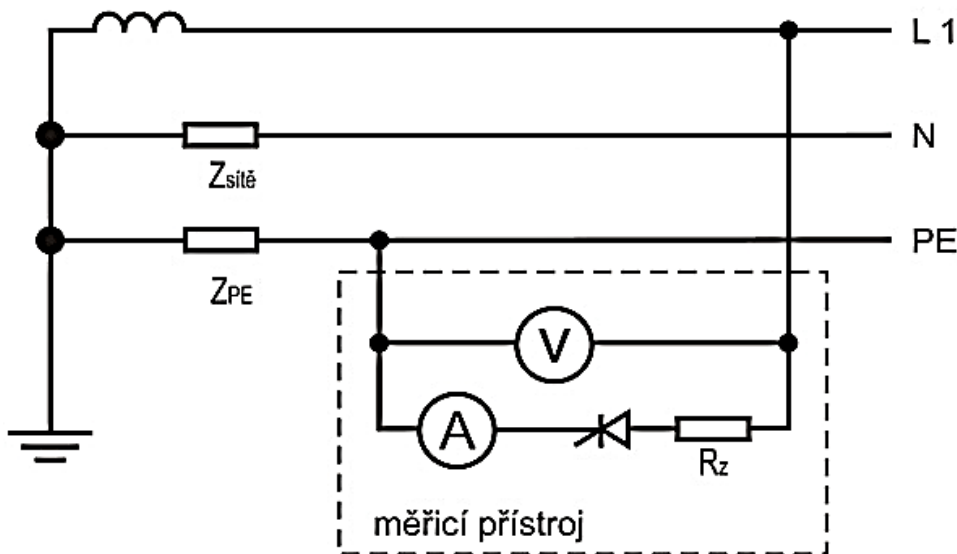
Před měřením je třeba provést zkoušku elektrické spojitosti. Provádí se při pokojové teplotě malými proudy. Je třeba brát v úvahu zvýšení teploty při poruše, což způsobí i zvýšení odporů vodiče. Hodnota nesmí přesahovat:

$$Z_s(m) = \frac{2 U_0}{3 I_a} \quad (2.1)$$

$Z_s(m)$ je měřená impedance poruchového proudu začínající a končící v místě poruchy (Ω); U_0 je napětí mezifázovým vodičem a uzemněným nulovým vodičem (V);

I_a je proud (A) způsobující automatickou funkci ochranného přístroje ve stanovené době;

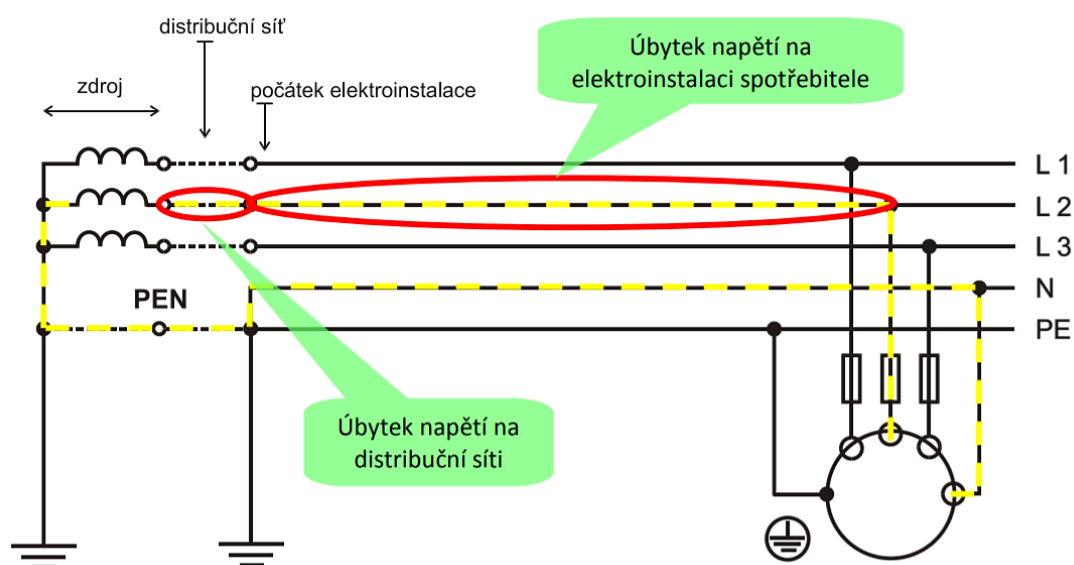
Nejprve se změří impedance ochranné smyčky Z_e^{NP32} vodiče vedení (fázový nebo krajní vodič) – uzemněného nulového vodiče na začátku vedení. Dále se změří odpory vodiče vedení a ochranného vodiče hlavního obvodu. Pak se měří odpory fázového a ochranného vodiče koncového obvodu a poté se tyto hodnoty spolu s odpory vodiče vedení a ochranného vodiče zvýší s ohledem na zvýšení teploty. Potom se tyto hodnoty přičtou k impedanci smyčky tvořené napájecím vodičem vedení a uzemněným vodičem, Z_e , a díky tomu zjistíme reálnou hodnotu Z_s při poruše. [1]



Obr. 2-7 Princip měření poruchové smyčky [10]

2.2.2 Úbytek napětí

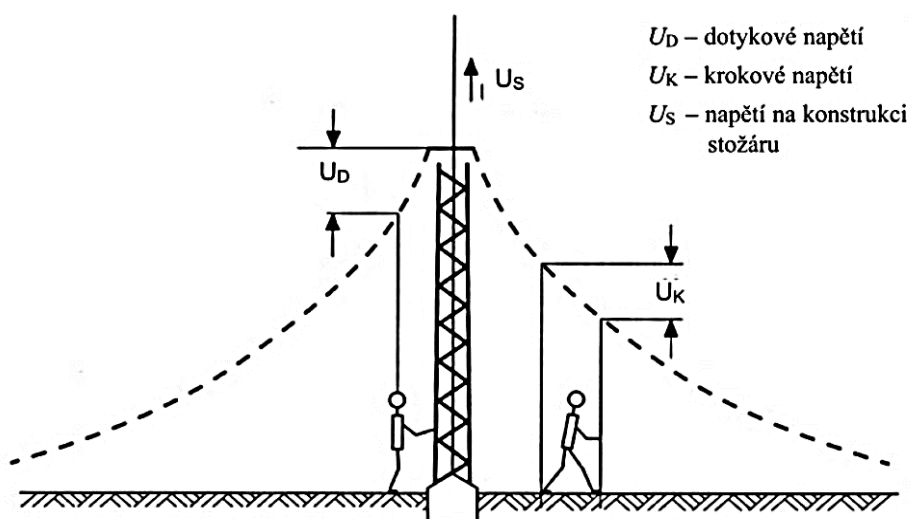
Na vodiči, kterým prochází elektrický proud, vzniká úbytek napětí, o který se snižuje napětí zdroje na spotřebiči. Celkový úbytek je součtem všech úbytků na vedení. Jeho velikost je dána činným odporem, reaktancí a proudem, který prochází vedením. Proto je důležité při návrhu vedení použít vodiče s dostatečným průřezem. Pokud by byl úbytek na vedení příliš velký, mohlo by to nepříznivě ovlivnit připojené zařízení. [6]



Obr. 2-8 Měření úbytku napětí [6]

2.2.3 Dotykové napětí

Dotykové napětí vzniká tak, že se člověk dotkne dvou nebo více předmětů s různým napěťovým potenciálem. Bezpečné dotykové napětí, což je napětí, které neohrožuje lidský život, je do 50 V pro střídavé a 120 V pro stejnosměrné. Typem dotykového napětí je také krokové napětí, které vznikne tak, že člověk stojí na dvou místech s rozdílným potenciálem. Tento rozdíl vzniká tak, že elektrický potenciál země klesá s rostoucí vzdáleností od zasaženého místa. Může být velice nebezpečné například, pokud se osoba nachází v blízkosti místa, kam uhořel blesk nebo kam spadlo elektrické vedení. [7]



Obr. 2-9 Dotykové a krokové napětí v závislosti na potenciálu země [7]

2.3 Přístroje Revex

Jedná se o měřicí zařízení, které bude využito pro zjištění chyb na spotřebiči a je schopen provést všechny měřicí postupy potřebné pro naši laboratorní úlohu. Je to digitální přístroj, který je určen k revizím. Lze s ním prověřit bezpečnostní i provozní vlastnosti spotřebičů. Všechny střídavé veličiny jsou zobrazeny metodou TRMS (skutečná efektivní hodnota). Při manipulaci s ním je důležité dodržovat bezpečnostní předpisy, které se vztahují na konkrétní typ měření. Maximální proud, který dokáže napájet prověřovaný spotřebič, je 16 A.

Mezi jeho výhody patří i ochrana obsluhy před elektrickým úrazem. Pokud například měří úbytek napětí na PE při proudu 10 A, elektrický proud nedosáhne nebezpečné hodnoty, jelikož přístroj vydá maximálně 4 V. [3]

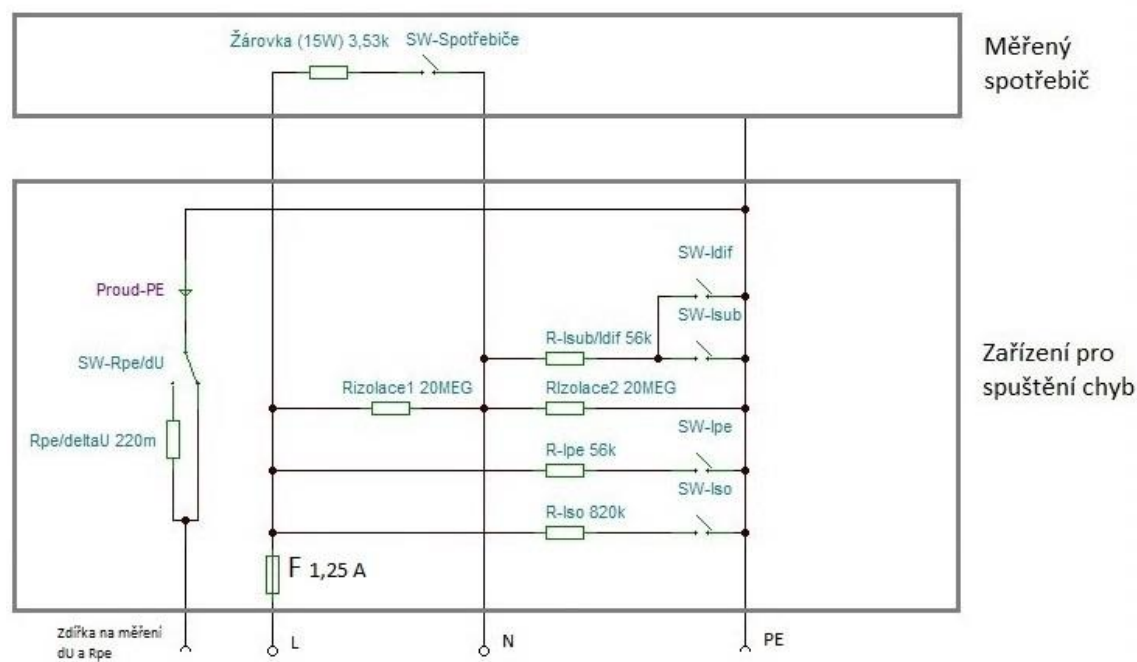


Obr. 2-10 Zařízení Revex Profi [8]

3. NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO SPUŠTĚNÍ CHYB

Cílem semestrálního projektu je navrhnout a sestavit zařízení, které bude simulovat chybu na elektrickém spotřebiči. Práce byla dále rozšířena o návrh a realizaci samotného spotřebiče. Spouštění chyb bude zajištěno spínači a odpory. Z více návrhů byl nakonec vybrán ten, který je zobrazen na obrázku 3.1. Navržené zařízení bude sestrojeno, jako jeden celek, ale z funkčního principu je rozdělen na část pro spuštění chyb a samotný spotřebič sloužící jako osvětlení.

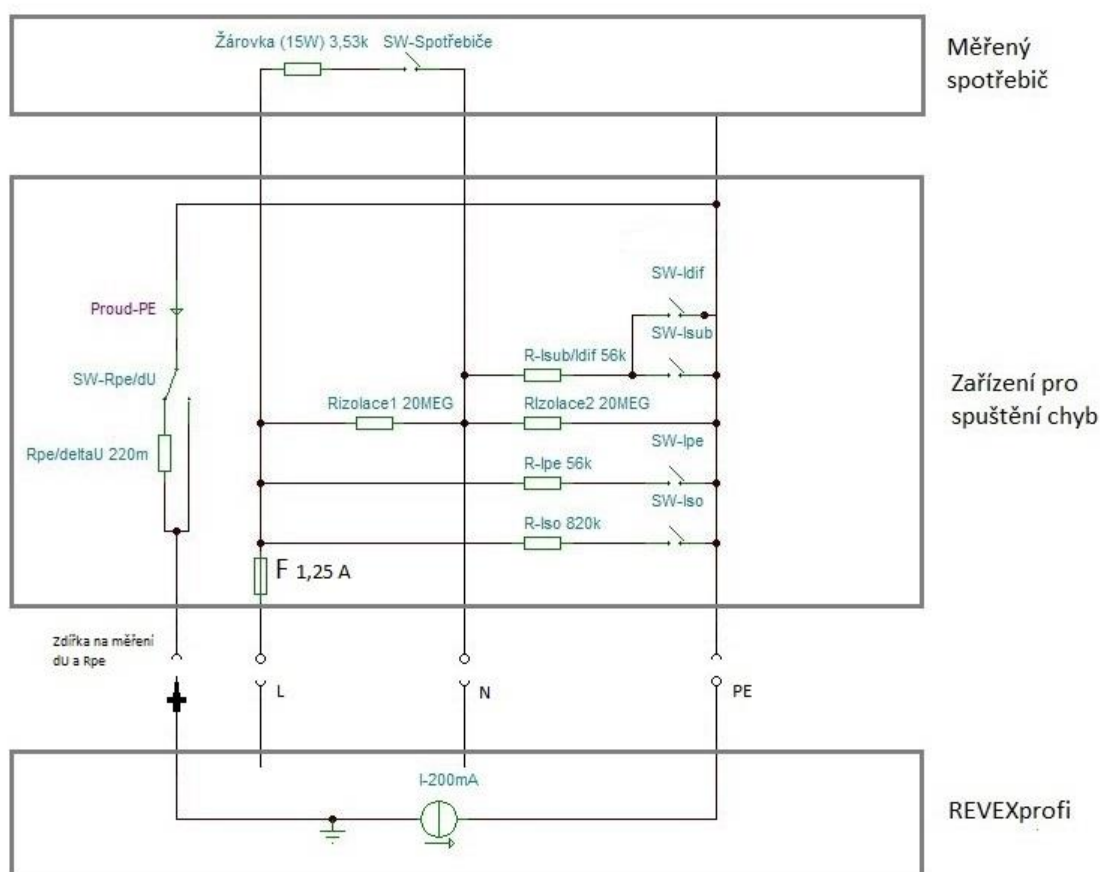
Tato kapitola slouží demonstrativně, jako ukázka metodiky pro konkrétní měření a teoretickou funkci přístroje Revex při této metodě. Odpor samotného vodiče PE a částí na něj připojených byl z důvodu jejich malé hodnoty zanedbán. Místo vodivých přístupných částí je zde zabudovaná zdířka pro měření, která jsou prováděna sondou. V případech, kdy není spuštěna některá z chyb jsou všechny elektrické hodnoty v souladu s normou ČSN 33 1600 ed. 2.



Obr. 3-1 Návrh zařízení

3.1 Odpor ochranného vodiče PE proudem 200 mA – spotřebiče třídy I

U spotřebiče třídy ochrany I se jako první metoda využívá měření ochranného vodiče PE. Princip je založen na tom, že zařízení připojíme do zásuvky Revex a za pomoci sondy z měřicího přístroje, kterou přiložíme na vodivou část zařízení spojenou s ochranným vodičem PE, měříme odpor tohoto vodiče a částí k němu připojených. Principiální schéma je zobrazeno na obr. 3.2

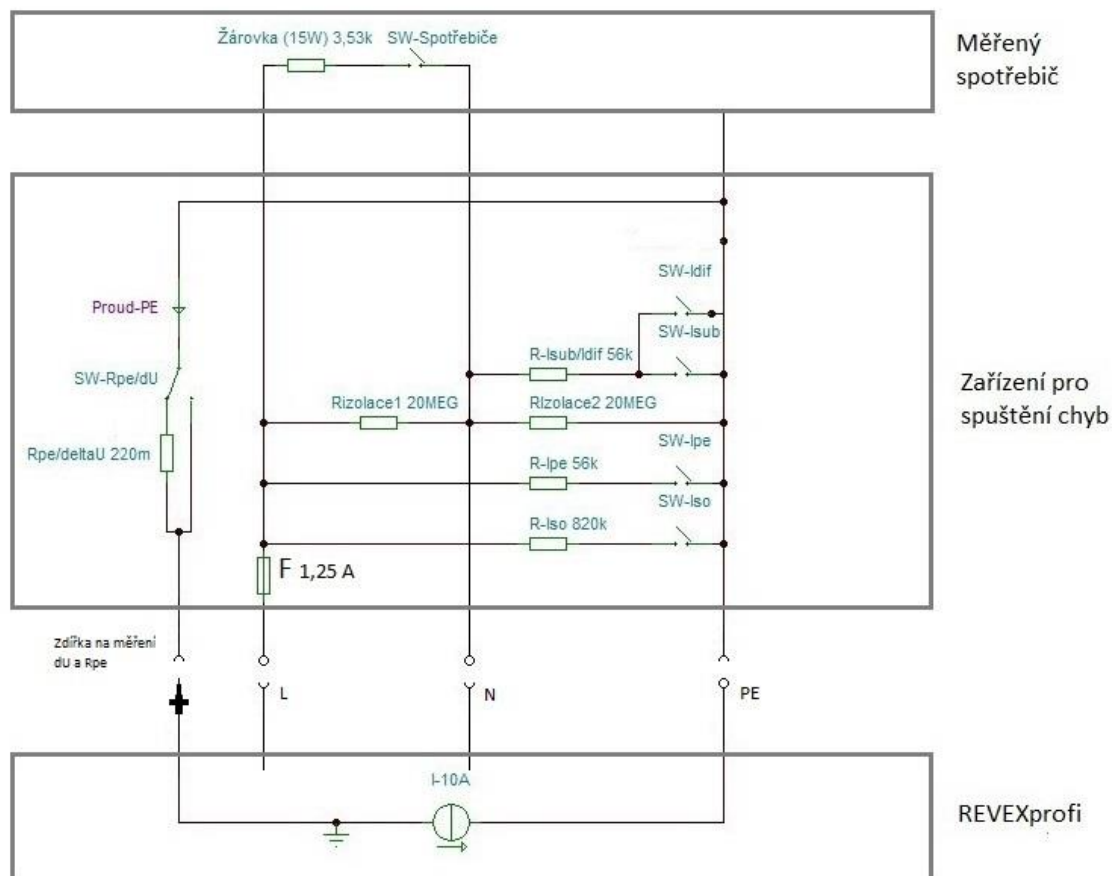


Obr. 3-2 Odpor ochranného vodiče PE proudem 200 mA.

Ze simulace je zřejmé, po sepnutí spínače SW-Rpe/dU je proud procházející odporem Rpe/dU 200 mA. Úbytek napětí na něm byl 44mV. Z toho vyplývá, že odpor po spuštění chyby je roven odporu Rpe/dU a je tedy 0,22 Ω . Tato hodnota je rovna té vypočítané. Maximální mez povolená normou ČSN 33 1600 ed. 2 pro tento typ zařízení je 0,2 Ω , takže by požadovanou hodnotu zařízení nesplnilo.

3.2 Odpor ochranného vodiče PE proudem 10 A – spotřebiče třídy I

Měření odporu ochranného vodiče proudem 10 A je obdobné jako v předchozím případě, pouze proud dodaný přístrojem Revex je 10 A. Zapojení je zobrazeno na obr. 3.3. Z bezpečnostní důvodů proud nedosáhne své plné hodnoty, pokud je odpor PE větší, než 1 Ω . Toho je zajištěno ochranou funkcí měřícího přístroje.

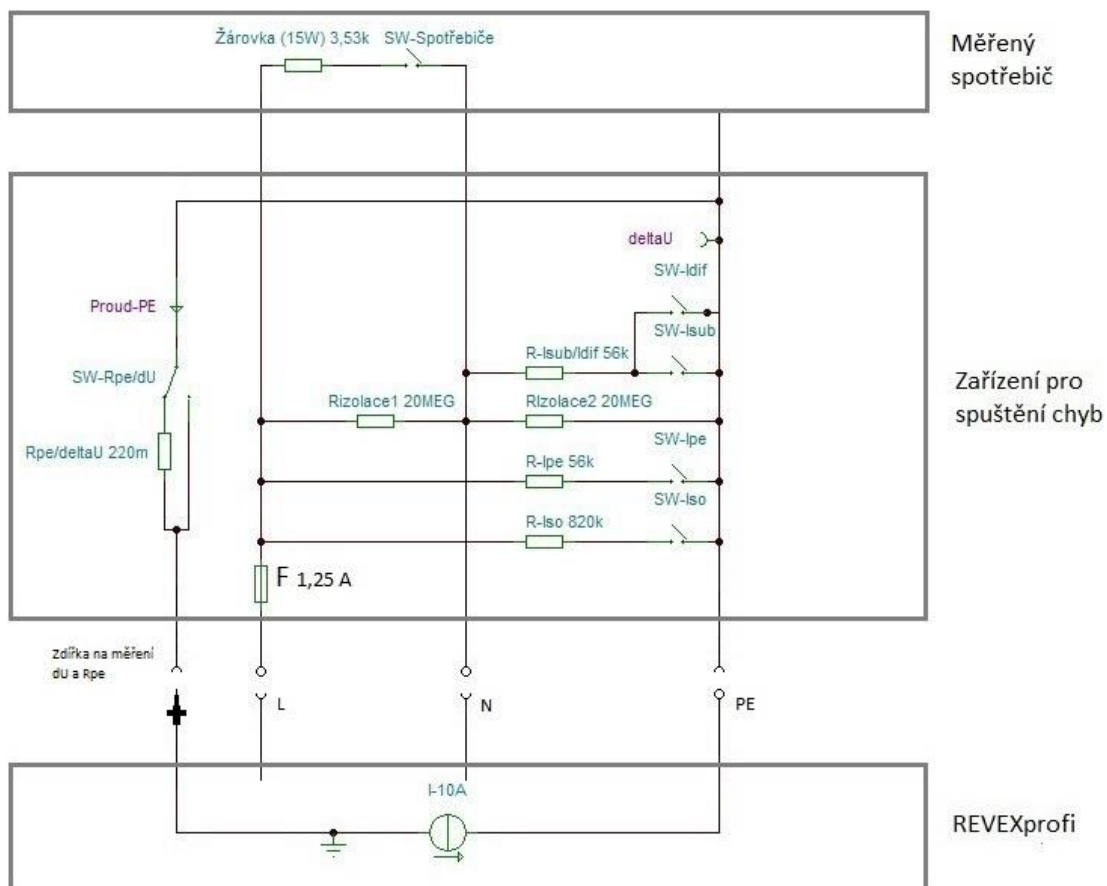


Obr. 3-3 Odpor ochranného vodiče PE proudem 10 A

Proud procházející odporem R_{pe}/dU je 10 A. Dle simulace je úbytek napětí na odporu 2,2V. Stejně jako v předchozím případě je roven R_{pe}/dU . Tato hodnota je také rovna té vypočítané. Maximální odpor vodiče PE, stanovený normou na 0,2 Ω , tedy překračuje.

3.3 Úbytek napětí na PE proudem 10 A – spotřebiče třídy I

Tuto metodu v našem případě využíváme ke zjištění odporu PE. Jelikož známe proud procházející vodičem PE (Proud-PE viz obr. 3.4) a napětí na něm (deltaU), které je 2,2 V, můžeme si dopočítat, že při spuštění chyby spínačem SW-Rpe/dU bude odpor vodiče 0,22 Ω .

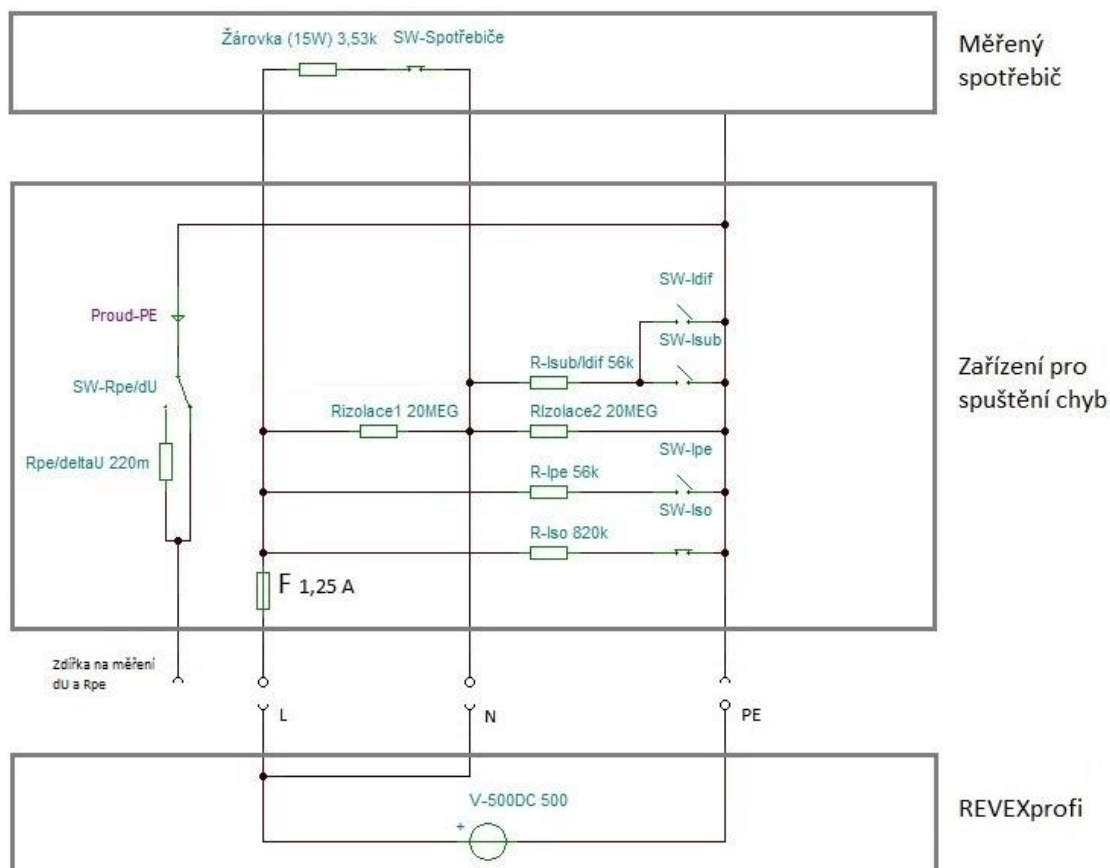


Obr. 3-4 Úbytek napětí na PE proudem 10 A – spotřebiče třídy I

Pokud bychom se zabývali samotným úbytkem napětí, tak by nasimulovaná hodnota normu nepřekročila ani po sepnutí spínače. My ovšem používáme tuto metodu jako alternativu pro měření odporu na PE.

3.4 Izolační odpor

Po změření odporu vodiče PE se obvykle přistupuje k měření izolačního odporu. Z obrázku 3.5 je patrné, že k měření využíváme napětí 500 V, které je dodané přístrojem Revex. Při této metodě dochází ke zkratování vodičů L a N. Chybu spouštíme spínačem SW-Iso za pomoci odporu R-Iso, jehož velikost je 820 k Ω .



Obr. 3-5 Měření izolačního odporu

Při simulaci byl odpor mezi živou částí a vodičem PE stanoven, díky znalosti napětí zdroje a protékajících proudech v zařízení, na 787,7 k Ω . Tato hodnota je nižší než R-Iso, jelikož je k němu paralelně připojen teoretický odpor izolace. Velice mírnou odchylku způsobuje i odpor rozepnutých spínačů, který v použitém vývojovém prostředí není nekonečný.

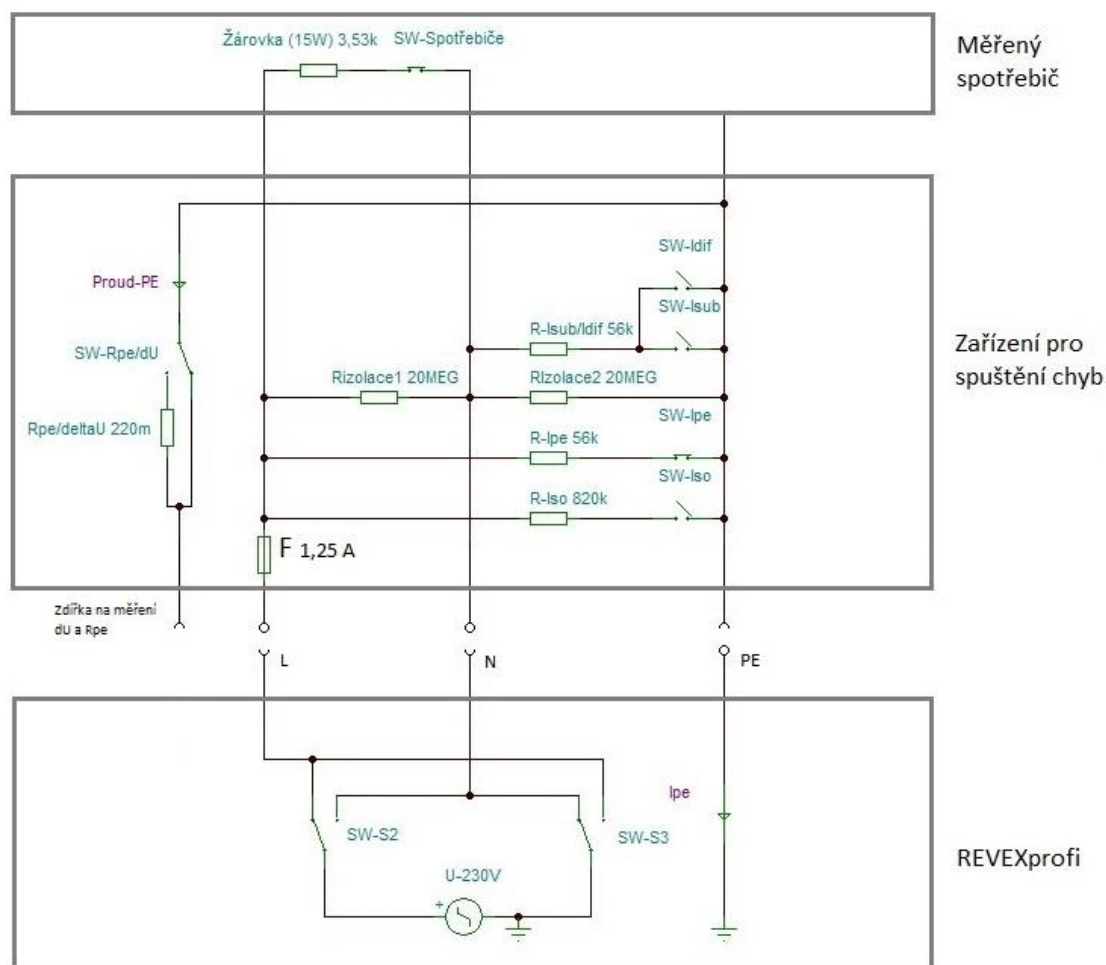
Velikost izolačního odporu daná normou (pro daný typ spotřebiče) je 1 M Ω , takže po sepnutí spínače jí již nevyhovuje.

3.5 Měření unikajícího proudu

Lze ho rozdělit na proud procházející ochranným vodičem PE, náhradní unikající proud a rozdílový (unikající) proud.

3.5.1 Proud procházející ochranným vodičem PE

Maximální proud procházející vodičem PE je normou ČSN 331600 ed. 2 stanoven na 3,5 mA. Při sepnutí spínače SW-Ipe začne procházet proud z vodiče L do PE přes odpor R-Ipe, jehož velikost je 56 k Ω (viz obr. 3.6). Je důležité brát v potaz, že polarita zdroje se při měření po prvním výčtu hodnot otočí a poté se se proud změří také. Proto lze přivést část pro spuštění chyby jak na L, tak i na N. V našem případě jsme si zvolili zapojení na fázi. MP napájí zařízení síťovým napětím.

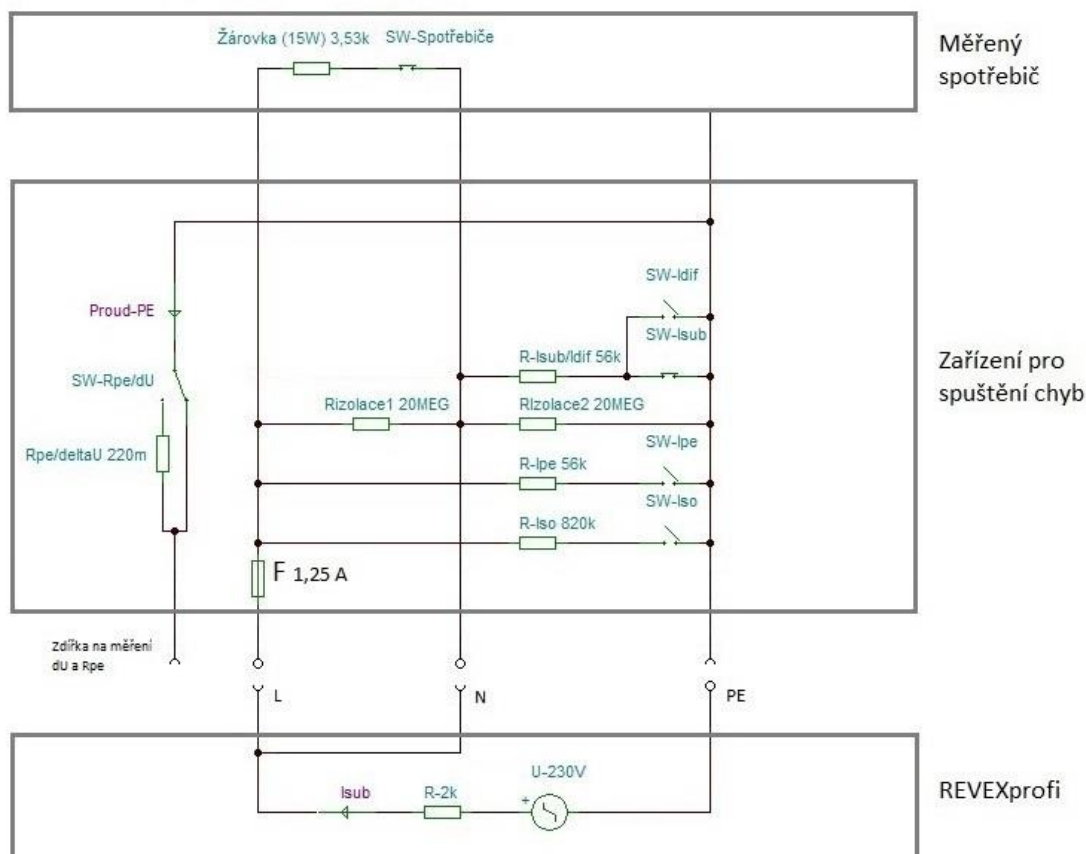


Obr. 3-6 Proud procházející ochranným vodičem PE

Proud procházející ochranným vodičem je dle simulace 4,11 mA, takže zařízení nesplňuje požadavky dané normou. Při tomto měření je třeba brát v úvahu, že spotřebič je zapnut. Pokud by byl unikající proud větší než 10 mA Revex se automaticky odpojí.

3.5.2 Náhradní unikající proud

Stejně jako v předchozím případě je maximální povolený proud procházející vodičem PE 3,5 mA. Při sepnutí spínače SW-Sub (na obr. 3.7) začne procházet proud z vodiče N do PE přes odpor R-Ipe, jehož velikost je 56 k Ω (viz obr. 3.7). Musíme brát v úvahu, že měřicí přístroj vodič L a N zkratuje, takže prakticky nezáleží, na který z nich bychom chybovou část v zařízení pro spuštění chyb připojili. MP napájí zařízení síťovým napětím přes odpor 2 k Ω .

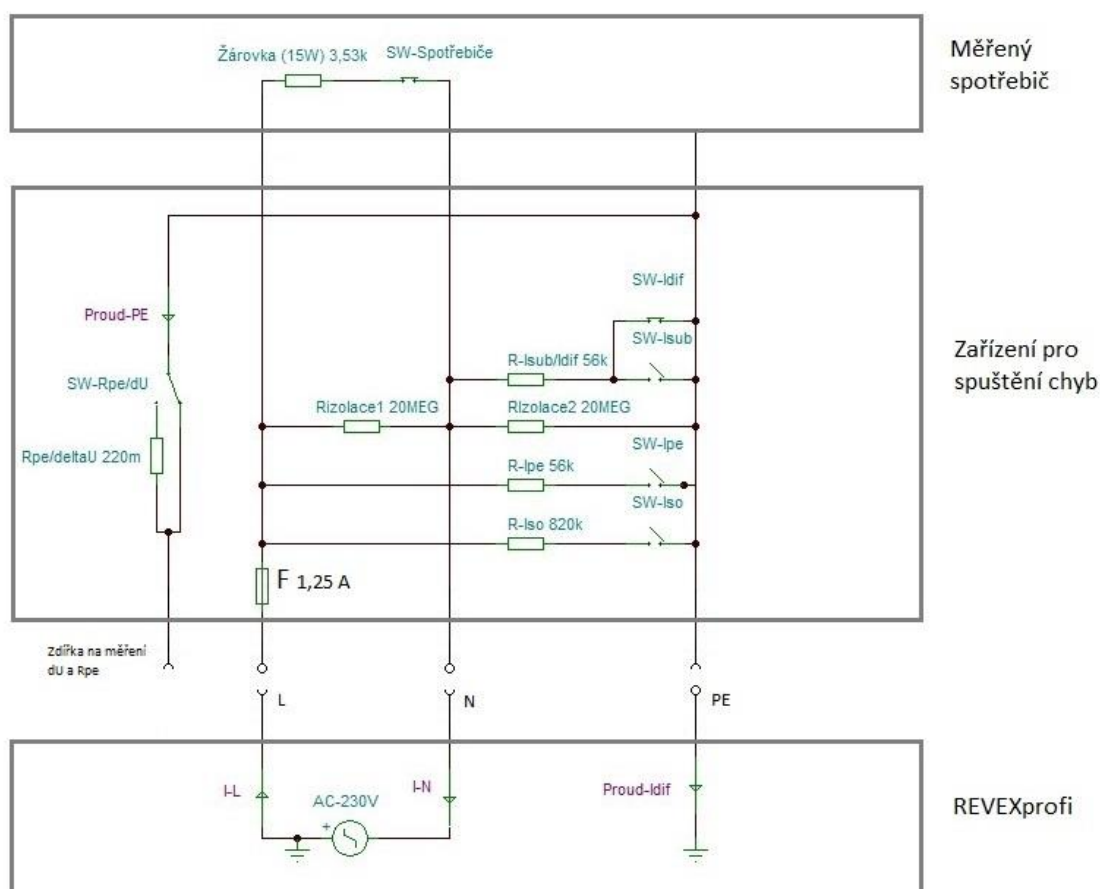


Obr. 3-7 Náhradní unikající proud

Dle simulace je tento proud 3,98 mA. Jeho hodnota je skoro totožná jako při předchozích výpočtech. A je menší než u zbylých dvou metod pro určení unikajícího proudu. Toto je způsobeno odporem o velikosti 2 k Ω , který nahrazuje odpor lidského těla.

3.5.3 Rozdílový (unikající) proud

Stejně jako u ostatních metod pro výpočet unikajícího proudu je jeho maximální dovolená hodnota 3,5 mA. Na obrázku 3.8 je patrné, že spínač SW-Idif je připojen stejně jako SW-Sub na odpor R-Isub/Idif. Je tomu tak kvůli zjednodušení celého zapojení. Princip metody je založen na rozdílu proudů, které odcházejí a přicházejí do zdroje. Ten je pak roven proudu procházejícím ochranným vodičem.



Obr. 3-8 Rozdílový (unikající) proud

Rozdíl proudů je dle simulace 4,12 mA. Při měření je třeba brát v potaz, že zdroj světla je po připojení na síťové napětí zapnut.

3.6 Výkonový rozsah součástek

Důležitým faktorem při výběru součástek je jejich maximální výkon. Program TINA9.0, ve kterém byly všechny návrhy vytvořeny, umožňuje zobrazení proudu a napětí na všech součástkách. Díky tomu lze vypočítat pouhým znásobením těchto hodnot výkon, který na nich bude.

Tento problém se netýká použitých spínačů díky jejich vlastnostem. Ovšem u odporů je třeba brát v úvahu jejich výkonové rozmezí. Výkon na všech odporech je zobrazen v tabulce 3.1. Dále je v ní zobrazen maximální výkon, na který jsou odpory, které použijeme pro sestavení samotného zařízení.

Tabulka 3-1 Hodnota výkonu na součástkách

Použitý odpor	Výkon na rezistoru [W]	Max. výkon rezistoru [W]
R_{pe}/deltaU	22	50
R-Iso	0,317	0,6
R-Ipe	0,945	5
R-Isub/Idif	0,945	5

4. VÝROBA SAMOTNÉHO ZAŘÍZENÍ

První částí návrhu samotného zařízení byla volba schránky, do které bude uloženo celé zapojení přístroje. Bylo třeba, aby splňovala elektrické požadavky, které na ní budou při měření laboratorní úlohy kladeny. Také musela být mechanicky odolná, rozměrově vyhovovat a zajistit ochranu před elektrickým úrazem osobě, která bude provádět laboratorní měření.

4.1 Schránka přístroje

Po důkladné úvaze byla vybrána rozbočovací krabice SCAME Scabox 686.208 s krytím IP 56, s rozměry 240x190x90 mm a jmenovitým napětím 400 V. Vyrobená je z pevného plastu ABS, který je odolný proti UV záření. Do ní bylo třeba vyřezat otvory pro pojistkové pouzdro, kabelovou průchodku, přístupný měřicí bod ochranného vodiče, objímku žárovky, spínače a větrací otvor.

První byl v zadní části krabice vyvrtán otvor pro pouzdro pojistky. Jeho průměr činil 10 mm. Byl použit model do panelu s označením ARCOLECTRIC KS-T0347RA. Jeho jmenovité napětí je 250 V a jmenovitý proud je 16 A. Pojme trubičkovou pojistku o rozměrech 6,3x32 mm. K přesnému uložení byl otvor vypilován na přesné rozměry tohoto pouzdra, včetně aretační drážky. Poté se panelové pouzdro zkušebně připevnilo. Další otvor byl vyřezán a poté dopilován pro kabelovou průchodku napájecího vodiče, jelikož bylo zapotřebí bezpečně zajistit přívodní šňůru proti vytržení. Průměr této díry je 18,3 mm. Byla využita kabelová průchodka EG-16GY/KSS s ochrannou IP68, která se poté přišroubovala ke stěně rozbočovací krabice.

Dále byly vyřezány a dopilovány otvory pro spínače, které jsou určeny k zapnutí chyb na prověřovaném spotřebiči. Jedná se o pět děr, které se nachází v rovnoběžné rovině, v pravé, zadní části víka o rozměrech 10,7x30 mm. Jejich vzdálenost od zadního okraje je 31 mm, od pravého 20 mm a mezi sebou mají prostor 13 mm. Další otvor se nachází v levé přední části víka. Ten je určen pro síťový spínač prověřovaného spotřebiče. Vytvořené prostory nebyly v této části výroby, z technologických důvodů, osazeny spínači.

Poté byl, v rovině se spínači, vyvrtán a dopilován otvor o průměru 33 mm, který je určen k uchycení objímky se závitěm E14. Byla použita bílá, termoplastová objímka D.3027B s límcem, jejíž jmenovité napětí je 250 V a proud 2 A. K připevnění do této díry posloužil druhý límec na tuto objímku tak, že byl přišroubován z druhé strany víka, proti směru toho prvního.



Obr. 4-1 Elektroinstalační krabice bez osazených součástek

4.2 Zajištění chlazení

V další části bylo třeba zajistit chlazení celého přístroje pro simulaci chyb na spotřebiči. Zařízení je během celého měření laboratorní úlohy v provozu přibližně dvě minuty. Největší tepelný únik vzniká při měření odporu ochranného vodiče (a jeho alternativní metodě, měření úbytku napětí na PE) proudem 10 A, který trvá obvykle 5 až 10 sekund. Při této části úlohy vzniká na zátěži tepelná ztráta 20 W. Další teplo vzniká na rozvodné části zařízení (vodiče, svorky, spínače atd.).

Důležitým faktorem pro volbu chlazení byla bezpečnost obsluhy. Po zvážení bylo přijato, že větrací otvor by měl poskytovat ochranu alespoň IP20, což znamená, že vodivá část nesmí být přístupna dotykem prstu (předmětem větším než 12,5 mm).

Pro tyto účely byla vybrána kruhová mřížka VENTS MV 50/2 bVs o průměru 47 mm, která je vyrobena z pevného plastu ABS, stejně jako elektroinstalační skříň. Za samotnou mřížkou se nachází síťka ze stejného materiálu, která zabraňuje vniku předmětům s plochým tvarem.

V pravé boční straně byl vyříznut otvor o průměru 45 mm. Mřížka je určena k nalisování, takže bylo třeba otvor přesně dopilovat. Poté byla, pro lepší odolnost, síťka přilepena ke vnitřní straně mřížky.

Pro větší bezpečnost bylo rozhodnuto, že do vnitřku skřínky budou připevněny dvě přepážky, které zabrání dotyku s živými částmi i menším předmětům (náradí, drátu atd.). K tomuto účelu jsme využili drážky pro připevnění komponentů, které se nachází uvnitř skříně. Materiál pro přepážky byl vybrán ze školní dílny. Jednalo se o pevný plast, který přesně odpovídal rozteči drážky ve skříně.

První část bylo třeba, po vyřezání a opilování, ohnout do tvaru písmena L. Díl byl nahřát nad horkovzdušnou pájkou, a poté za pomoci svěráku a pásoviny ohnout do

požadovaného tvaru. Další přepážku již nebylo třeba takto upravovat. Obě byly dopilovány tak, aby se víko při zašroubování opřelo o jejich vrchní hranu a tím se zvýšila jejich pevnost. Přepážky byly za pomoci lepidla a gumové paličky připevněny dovnitř tak, aby se zabránilo styku obsluhy s částmi pod napětím.



Obr. 4-2 Umístění přepážek

Hrany mřížky určené k zalisování byly obroušeny, aby mřížka pevně držela na svém místě. Poté na ní bylo nanесeno lepidlo a došlo k nalisování. Pro zvýšení mechanické pevnosti se bodově nanесlo lepidlo i z vnitřní strany.

Díky této úpravě se zvýšila ochrana krytí (pouze pro tuto část) na IP20DM. Nelze se tedy dotknout nebezpečných živých částí předmětem o délce 100 mm a šířce 1 mm. Prostor pro odvod teplého vzduchu je dostatečně velký, aby spolehlivě zajistil chlazení zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči.

4.3 Montážní deska

Součástky uvnitř zařízení na spuštění chyb na spotřebiči bylo třeba spolehlivě upevnit uvnitř instalační krabice. Proto bylo rozhodnuto, že vnitřní součástky budou připevněny na desku. Toto rozhodnutí byl kompromis mezi bezpečností obsluhy, dobrým chlazením obvodu a snadným přístupem a rozvodem vodičů.

4.3.1 Příprava montážní desky

Jako materiál pro desku, na kterou budou usazeny elektrické rozvody a odpory sloužící ke spuštění chyb, byl vybrán laminát ze skelné tkaniny, sycený epoxidovou pryskyřicí. K tomu posloužila deska plošných spojů, ze které byla odstraněna měď. Její rozměry byly 230x100x1 mm. Vybraný materiál je dostatečně teplotně odolný, aby splňoval potřebné parametry. Je to také izolant, což zabraňuje nechtěnému zkratování obvodu nebo

svodům na jinou část zařízení. To by mohlo způsobit ohrožení obsluhy a poškození zařízení. Tato deska měla být umístěna v zadní části zařízení. K ukotvení byly vybrány plastové distanční sloupky, které pevně přichytí desku v přibližné výšce dvou centimetrů. To umožní snadnější rozvod kabelů.

Jelikož se v pravé zadní části nachází pojistkové pouzdro a kabelová průchodka, bylo třeba v desce vyřezat otvor o rozměru 90x60 mm. Další materiál byl odstraněn z levé zadní části, kvůli vnitřní konstrukci samotné krabice, a to 10x10 mm.

4.3.2 Příprava desky k montáži součástek

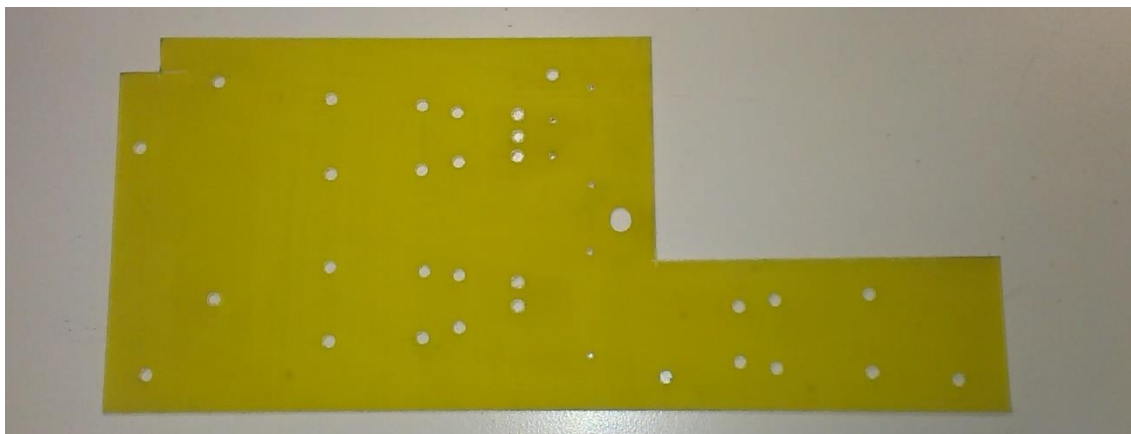
K rozvodu elektrického proudu byly vybrány bezšroubové svorky WAGO221-415 s přípustným jmenovitým proudem 32 A a jmenovitým napětím 450 V. Dokážou spojit až 5 kontaktů o maximálním průměru 4 mm.

K připevnění každé svorky bylo třeba využít montážní desku WAGO221-505 s rozměry 17x35x52,8 mm. Pro její připevnění bylo vyvrtáno šest otvorů v desce, které poslouží k pozdějšímu přišroubování.

Každý přívodní vodič (fázový, nulový a ochranný) má vlastní svorku. Ta pro zemní vodič se nachází v pravé části zařízení. Ty pro pracovní vodiče jsou vedle sebe, uprostřed sklolaminátové desky. Celkem tedy bylo vyvrtáno 18 otvorů.

Poté bylo třeba připravit desku na osazení odpory, které byly spočítány v předešlé části. Pro simulaci poruchy na ochranném vodiči byl vybrán drátový rezistor s odporem 0,22 Ω . Jeho maximální výkon byl spočítán na 22 W. Kvůli rezervě byl vybrán padesáti wattový, aby se zabránilo poškození zařízení. Přípustná odchylka při výrobě činila 5 %, což bylo následně ověřeno měřením. K jeho upevnění byly vyvrtány dvě díry v levé části sklolaminátové desky. Na simulaci poruch pro unikající proudy jsme použili drátové rezistory s keramickým tělískem o velikosti 56 k Ω . Při návrhu výkonového zatížení bylo třeba brát v potaz, že student může stisknout více spínačů najednou a také to že při měření izolačního odporu se používá napětí 500 V. Kvůli tomu byly použité 5 W rezistory. Přípustná odchylka při výrobě činila 5 %, což bylo následně ověřeno měřením. K jejich upevnění byly vyvrtány čtyři otvory ve střední části desky. Poslední rezistor slouží k simulaci chyby na izolaci. Jeho velikost je 820 k Ω a výkonové zatížení 1 W. K jeho připevnění byly vyvrtány dvě díry ve střední části sklolaminátové desky.

Poté byl vyvrtán otvor pro kabelovou příchytku, kterou budou procházet přívodní napájecí vodiče. Nakonec bylo vyvrtáno pět děr pro přichycení celé desky, přes distanční sloupky, do dna rozbočovací krabice.

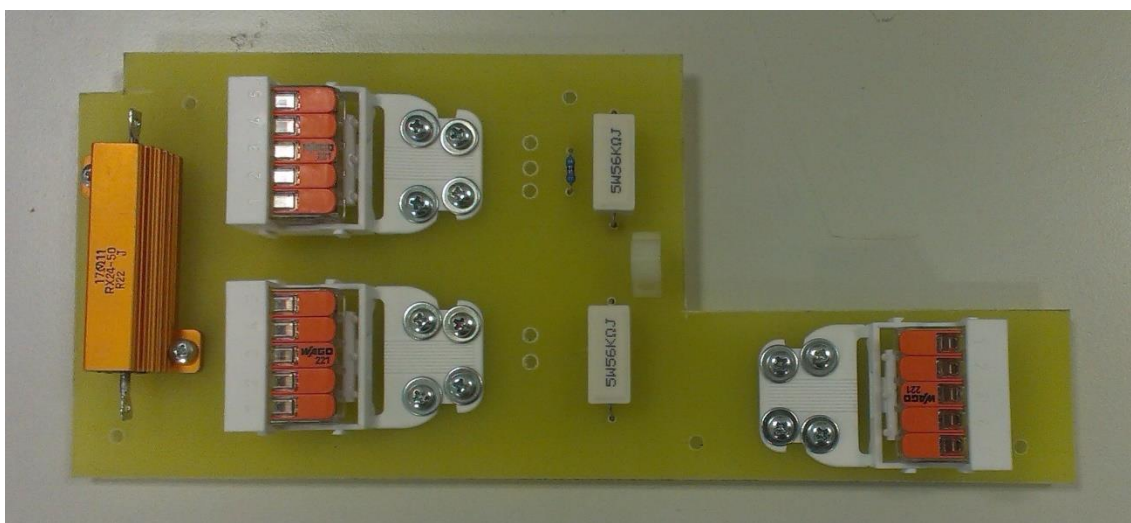


Obr. 4-3 Montážní deska

4.3.3 Montáž součástek na desku

Jednotlivé držáky pro WAGO svorky byly umístěny na své pozice a přišroubovány. Pro zajištění pevného spoje byly osazeny protiskluzovými podložkami.

Obdobně byl zajištěn i odpor pro simulaci chyb na ochranném vodiči. Rezistory pro vznik chybných unikajících proudů byly po usazení na své místo přichyceny pájkou k samotné desce. Stejně byl přidělán i odpor určený k simulaci chyby na izolaci. Poté byla nalisována kabelová příchytka. Nakonec byly do desky udělány otvory pro vedení kabelů.



Obr. 4-4 Osazená deska

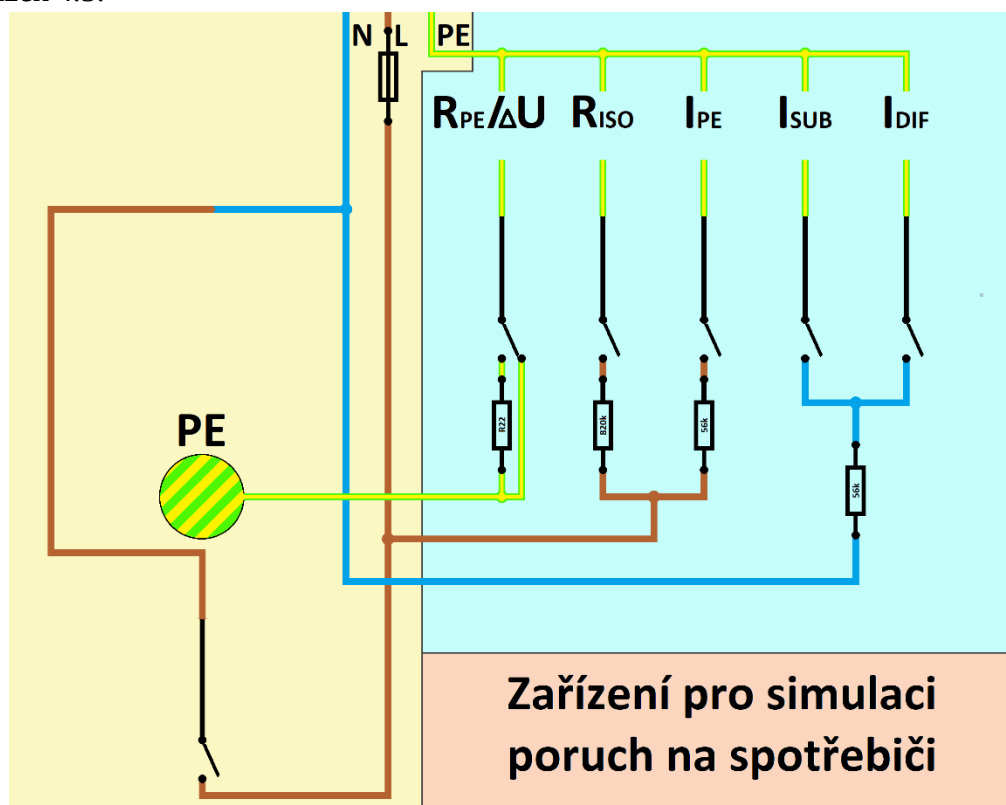
4.4 Grafický návrh

Při grafické návrhu horní strany víka laboratorního zařízení bylo třeba dbát na názornost a jednoduchost. Proto bylo rozhodnuto, že na něm bude zobrazeno zapojení samotného zařízení. Návrh se skládá z názvu přípravku a dvou logicky rozdělených částí. Obě tyto části jsou barevně odlišené na silovou a ovládací. Vodiče jsou označeny názvem na vstupu a barevným rozlišením. Fáze je hnědá, nulový vodič modrý a ochranný je žlutozelený.

V levé části se nachází prověřovaný spotřebič, zdířka na sondu, přívod s pojistkou a síťový spínač. Celá silová část má podklad žluté barvy. Jako spotřebič je použita 15 W žárovka. Ta se na návrhu nachází na předělu fázového a nulového vodiče a po jejím nainstalování nákres budí dojem, že tyto vodiče jsou k ní připojeny.

Síťový spínač je označen příslušnou schématickou značkou. Reálný se nachází na nakreslené černé čáře, stejně tak jako všechny ostatní. Zdířka pro připojení sondy na zjištění odporu ochranného vodiče se nachází ve žlutozeleném kruhu, který je černě orámován. Je označena PE a napojena na zemnicí vodič. Zobrazena je i pojistka na fázovém vodiči.

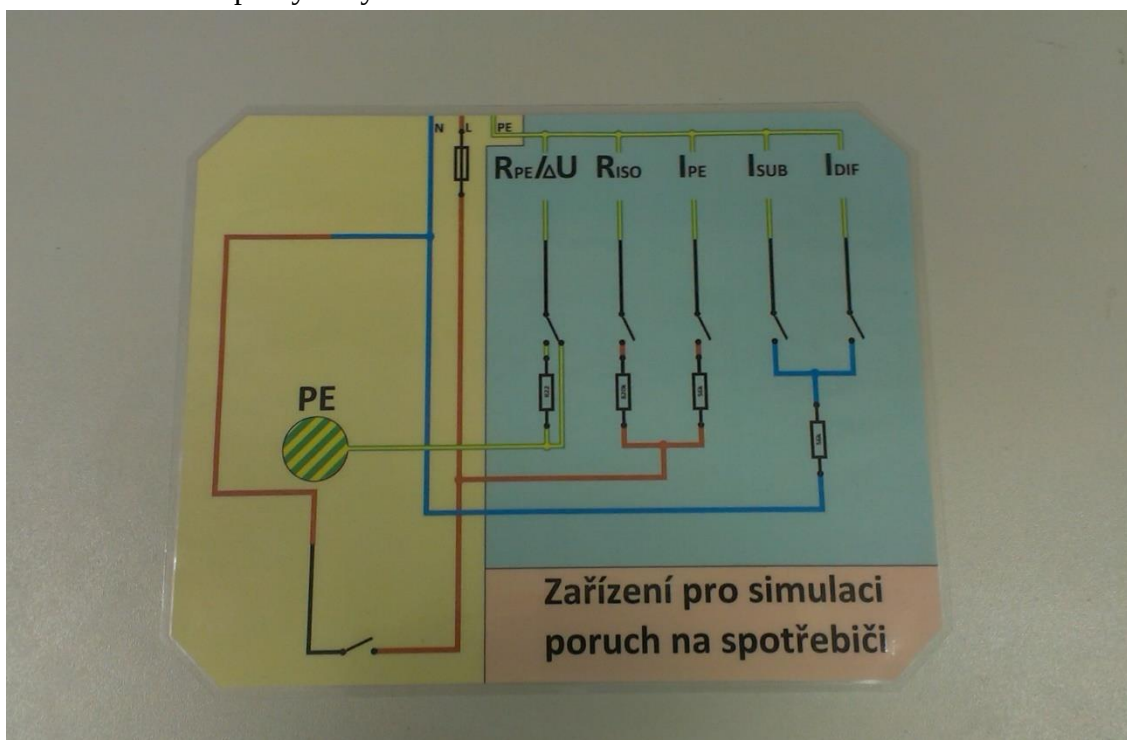
V pravé části je zobrazeno zapojení spínačů pro spuštění chyb a příslušné odpory. Na jednotlivých rezistorech je vyznačena jejich hodnota odporu. Spínače jsou označeny obdobně jako síťový spínač v silové části. Každý je navíc nadepsán parametrem, konkrétní simulované chyby, která mu přísluší. Nadpisy slouží k tomu, aby nedošlo k záměně jednotlivých chyb. Přepínač pro odpor ochranného vodiče je navíc nadepsán i pro metodu úbytku napětí, protože se jedná o alternativní metodu. Také je zde naznačen způsob připojení jednotlivých rezistorů. Celá ovládací část má světlemodrý podklad. Celkový barevný podklad byl vybrán, po konzultaci s vedoucím, z mnoha jiných, viz obrázek 4.5.



Obr. 4-5 Grafický návrh

Poté bylo třeba připravit návrh na připevnění k samotnému výrobku. Byl proto vytisknut, ořezán a zataven do fólie. Aby natavená fólie držela správně, je třeba nechat na okrajích úzký pruh mimo samotný nákres. To způsobilo, že náčrt přesahoval na okrajích samotné

zařízení. Proto byl upraven na požadovanou velikost a znovu vyhotoven tak, aby velikostně odpovídal. Před zatavením jsme ořezali rohy, protože by zabraňovaly přístupu k montážním šroubům. Náskres byl z počátku zpracováván v prostředí MS Visio, ale poté bylo vybráno Malování, kvůli možnosti flexibilnějšího zobrazení. Pak byl zataven do fólie a oříznut od přebytečných částí.



Obr. 4-6 Výsledné zobrazení

4.5 Montáž komponentů na víko a připevnění desky

Náskres byl za pomoci oboustranné lepicí pásky přilepen na víko. Poté byla, podle předpřipraveného otvoru, do náskresu vyřezána díra. Do ní jsme vložili objímku se závitem E14. Ta byla za pomoci dvou protichůdných límců pevně přišroubována. Pak byly obdobně vyříznuty otvory pro kolébkové spínače P-C1300AB01 a přepínač P-C1510AB01. Jejich jmenovitý proud je 16 A což je postačující vzhledem k tomu, že maximální proud, který zařízením poteče je 10 A při měření odporu PE. Ty se nalisovali do příslušných děr. Díky tomu, že náskres byl připevněn již dříve, ho okraje spínačů překryly a zvýšily tím jeho pevnost před stržením. Pak byly zevnitř zality lepidlem na pevné plasty. Dále byl vyříznut otvor pro zdířku sloužící k změření odporu ochranného vodiče a úbytku napětí na něm, a poté se do něho přišroubovala. Tím bylo osazení víka kompletní.

Pojistkové pouzdro a kabelová příchytka byly pevně přišroubovány. Deska s přichycenými součástkami byla vložena do skříně. K jejímu připevnění byly využity distanční sloupky. Vruty procházely skrz otvor v desce, přes distanční sloupky a zařezávaly se do připravených drážek. Pěticí takovýchto spojů bylo zajištěno pevné přimontování k rozbočovací skříni.

4.6 Připojení vodičů

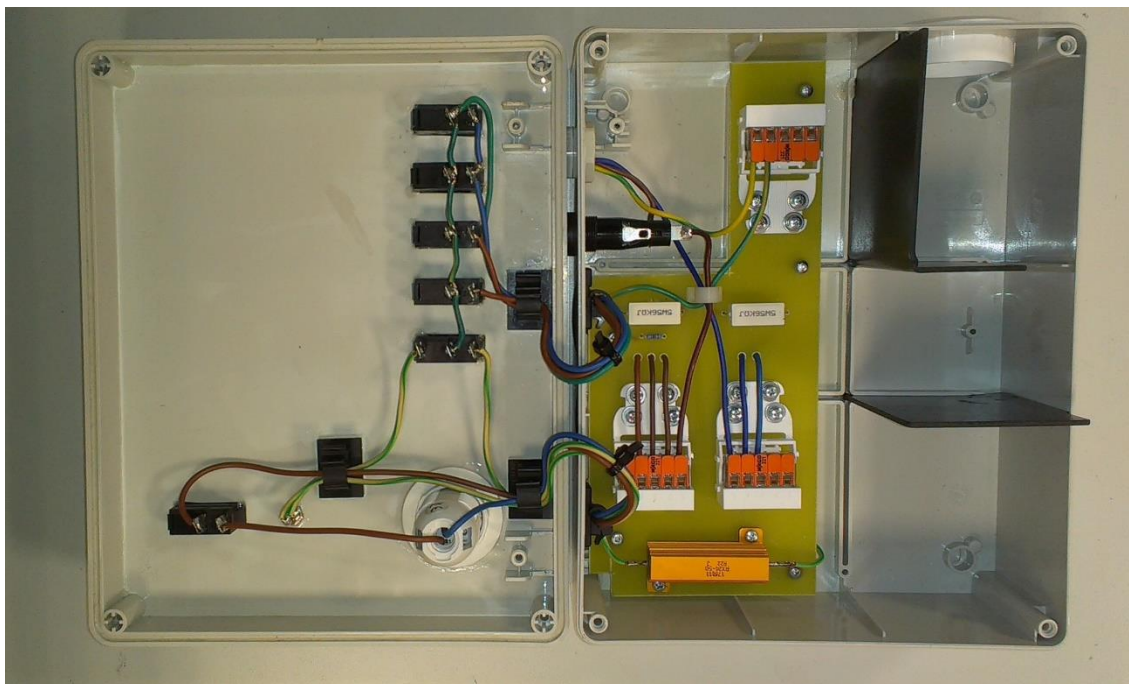
Napájecí šňůra byla protáhnuta a následně aretována v kabelové průchodce. Poté byla připojena k jednotlivým svorkám. Přívodní vodiče mají průřez $0,75 \text{ mm}^2$, stejně jako všechny, které byly použity při konstrukci. Fázový vodič je jištěn pojistkou, která chrání zařízení před nadproudy. Použita byla trubičková pojistka se jmenovitým proudem 1,25 A, která byla uložena do pouzdra. Pouzdro bylo následně připájeno na přívodní kabel.

Simulované chyby jsou spouštěny spínači připojenými mezi ochranný a fázový nebo nulový vodič. Pouze spínač pro zvětšení odporu zemnicí části je zapojen jako součást PE. To je dáno charakterem měření, při kterém je prověřována pouze tato část vedení.

Ze svorky pro ochranný vodič byl tedy kabel, přes příchytky veden na spínač pro simulaci chyby rozdílového (unikajícího) proudu. Zde byl zapájen ke svorce. Z ní poté veden na ostatní spínače, kde byl obdobně připevněn. Ze svorky pro nulový vodič byly vyvedeny dva vývody. První procházel skrz montážní desku, přes příchytku nacházející se pod deskou a přes další dvě na stěnách krabice až do objímky pro žárovku. Zde byl přichycen pomocí samosvorného kontaktu. Druhý taktéž vedl skrz desku, byl však v její spodní části přiletován k odporu o velikosti $56 \text{ k}\Omega$. Z tohoto odporu vedl drát ke spínačům pro rozdílový a náhradní unikající proud, kde byl připájen.

Z fázové svorky byly vedeny tři vodiče. První byl na spodní části přiletován k rezistoru o velikosti $56 \text{ k}\Omega$. Z něho poté na spínač pro simulaci chyby proudu unikajícího vodičem PE. Druhý byl připájen na odpor o velikosti $820 \text{ k}\Omega$. Z něho poté vedl drát na spínač pro simulaci chybné izolace. Třetí drát byl natažen přes spodní část desky a skrz příchytky ke síťovému spínači prověřovaného spotřebiče, kde byl následně připájen. Ze spínače byl veden další vodič k objímce. Tam byl připevněn samosvorným kontaktem.

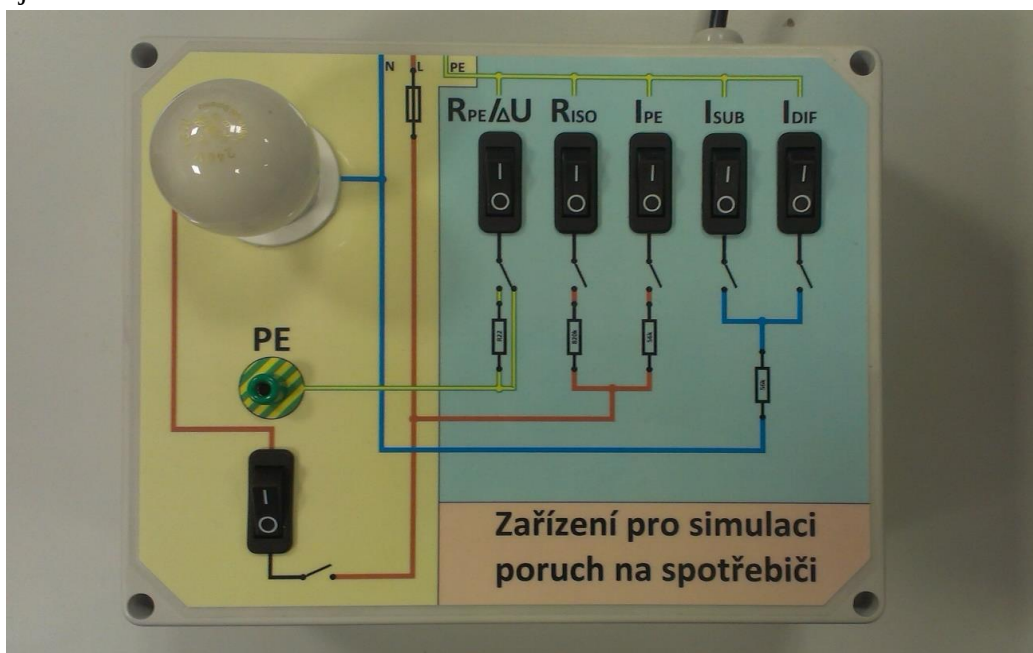
Nakonec bylo potřeba zajistit simulaci chyby na vedení ochranného vodiče. K tomuto účelu posloužil přepínač, který při vypnutém stavu spojuje svorku PE a měřicí zdířku přímo, pouze přes vodiče. Při sepnutém stavu je do obvodu začleněn rezistor o velikosti $0,22 \Omega$. Větev pro vypnutý stav byla připájena ke zdířce. Větev pro sepnutý stav byla vedena, k již zmiňovanému rezistoru. Od něho byl poté připájen drát k měřicí zdířce. Společný kontakt přepínače byl přiletován k ostatním vývodům, které byly dříve spojeny se zemí.



Obr. 4-7 Zapojené zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči

4.7 Kontrola zapojení

Před provedením kontrolního měření bylo třeba ještě prověřit parametry zkonstruovaného zařízení. Jelikož jsme znali zapojení, tak jsme mohli určit hodnoty odporů v jednotlivých větvích. Kontrolu jsme provedli pomocí ohmmetru. Odpor jsme proměřovali mezi jednotlivými přívodními vodiči pro všechny simulované chyby. Pro zjištění velikosti odporu ochranného vodiče jsme využili příslušnou zdířku. Poté co jsme ověřili správnost zapojení a uvedli zařízení do chodu.



Obr. 4-8 Hotové Zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči

5. NÁVOD A PROTOKOL

Součástí bakalářské práce je taktéž vyhotovení návodu pro studenty. Ten bude sloužit k tomu, aby byly stručně obeznámeni s tematikou měření při revizích elektrických spotřebičů. Rovněž podle něho budou postupovat při měření. Návod bude součástí laboratorní úlohy. Je rozdělen do dvou hlavních částí (předmluvy a samotného měření). Za nimi se nachází přílohy s tabulkami povolených hodnot normou ČSN 33 1600 ed. 2.

5.1 Předmluva

První část začíná názvem úlohy a úkolem, který budou studenti plnit. Úkol je prakticky seznam jednotlivých částí měření. Dále se zde nachází popis pracoviště. To se skládá ze zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči a z některé z verzí přístroje Revex. Pro simulační zařízení je zde popsáno ovládání, základní princip funkce a hodnoty, které dokáže ovlivnit. Dále je zde popsán měřicí přístroj Revex. V laboroři budou studenti používat jeho různé verze, a to Revex Profi, Revex Profi II a Revex 2051. Je zde popsáno, co jimi lze měřit a jejich bezpečnostní a kontrolní funkce.

Druhá část předmluvy se věnuje samotné revizi el. spotřebiče. V jejím úvodu se student dozví, za jakým účelem se provádí a čeho je při ní třeba dbát. Dále jsou zde popsány jednotlivé kroky pro její splnění, tj. prohlídka, měření spotřebičů, kontrola vývodů, zkouška chodu, kontrola označení elektrického spotřebiče a vypracování dokladu o provedení revize.

Také je zde vysvětlen průběh laboratorní úlohy. Ten obsahuje, co je po studentech požadováno, bezpečnostní pokyny a způsob, jakým je v měření rozlišený postup při použití určitých měřicích přístrojů (u jednotlivých MP Revex se může lišit).

5.2 Samotné měření

Rozděleno je do několika samostatných úloh. Každá z nich se zabývá konkrétní metodou. Na začátku každé části je teoretický úvod k dané úloze. V něm jsou vysvětleny základní principy, postupy a normou požadované hodnoty pro měřený spotřebič.

Poté je zde postup měření. Ten je rozdělen do jednotlivých kroků, díky kterým lze dosáhnout správného výsledku měření, aniž by byla ohrožena obsluha nebo vybavení laboratoře. Každý krok je přizpůsoben pro různé přístroje Revex. Toho je dosaženo tak, že postup pro Revex Profi a Revex Profi II jsou znázorněny na prvním místě, jelikož jsou shodné. Poté je za poznámkou “resp.” popsán postup k měření s přístrojem Revex 2051.



Obr. 5-1 MP Revex 2051 (nalevo), Revex Profi (uprostřed), Revex Profi II (napravo)

Zobrazeny jsou zde i bezpečnostní tabulky s pokyny, které slouží k ochraně obsluhy a přístrojů. Jsou zvýrazněny černým, žlutě vybarveným rámem a výstražným trojúhelníkem. Doprovodné obrázky jsou povětšinou přebrány z příslušných norem a z návodu pro konkrétní přístroje typu Revex.

Měření odporu ochranného vodiče proudem 10 A a poslední čtyři jsou z časových důvodů dobrovolné, aby studenti bez komplikací stihli laboratorní úlohy doměřit.

5.3 Připravený protokol

Výsledky měření budou studenti zapisovat do předem připraveného protokolu. Ten prvotně obsahuje zadání, seznam použitých přístrojů (u přístroje Revex obsluha zapíše konkrétní typ) a tabulky k vyplnění změřenými hodnotami. Dále je zde prostor pro analýzu vzniku chyb na spotřebiči při samotném měření i v závěru.

Cvičný protokol o revizi elektrického spotřebiče slouží k názornému předvedení, jak vyplňovat skutečný. Proto byl při jeho návrhu kladen důraz na co největší podobu s reálným, která byla v rámci laboratoří možná. Z toho důvodu je určen k vyplnění hodnotami, které jsou změřeny bez spuštěných chyb.

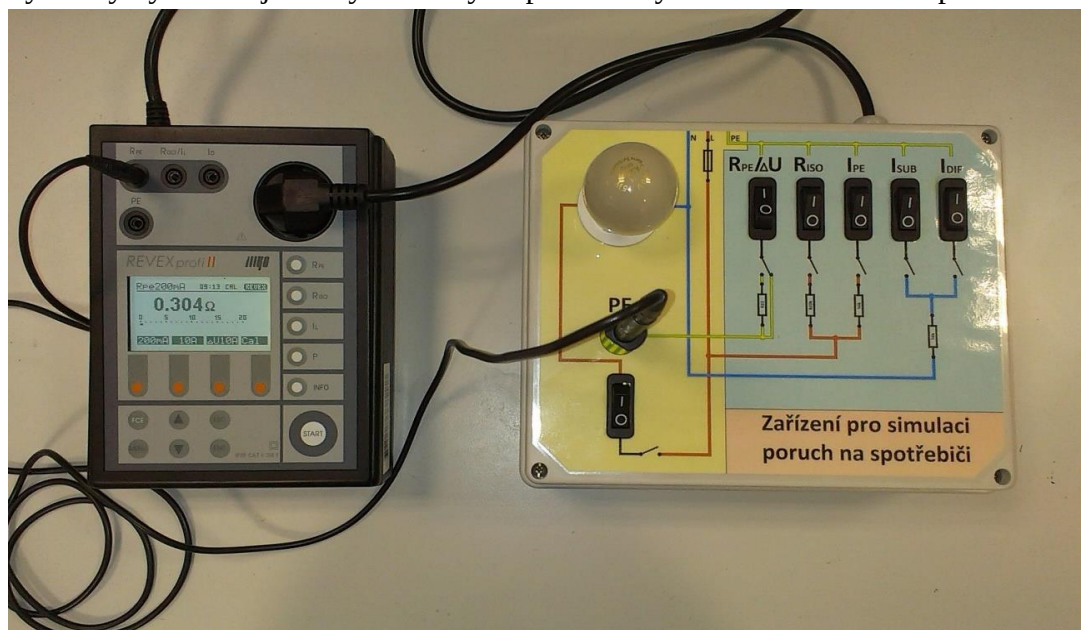
6. KONTROLNÍ MĚŘENÍ

Po vyrobení samotného zařízení bylo třeba ověřit jeho vlastnosti. Kontrolní měření posloužilo taktéž, k ověření správnosti návodu. Byly k němu použity všechny druhy přístroje Revex, které budou při měření laboratorní úlohy dostupné. Jednotlivé kroky této kapitoly postupují obdobně, jako samotné měření laboratorní úlohy

6.1 Kontrolní měření odporu ochranného vodiče.

To se provádí proudem 200 mA nebo 10 A. Pro laboratorní spotřebič nesmí, dle norem, velikost odporu překročit $0,2 \Omega$. Před měření bylo třeba přístroje Revex zkalibrovat. Poté byly zjištěné hodnoty, které nebyly ovlivněny simulovanými chybami. Ty změřené proudem 200 mA vyšli $0,062 \Omega$ pro přístroj Revex Profi, $0,078 \Omega$ pro Revex Profi II a $0,08 \Omega$ pro Revex 2051. Při měření proudem 10 A vyšli $0,07 \Omega$ pro přístroj Revex Profi, $0,08 \Omega$ pro Revex Profi II a $0,06 \Omega$ pro Revex 2051. Rozdíly ve výsledcích byly malé. Způsobeny byly nepřesností MP a přechodovými odporu na přívodní šňůře, i přesto, že s ní bylo během měření pohybováno. Výsledky odpovídají požadavku normy ČSN 331600 ed.2.

Poté byl sepnut spínač pro simulaci poruchových hodnot na odporu PE. A měření bylo opakováno proudem 200 mA s výsledky $0,293 \Omega$ pro přístroj Revex Profi, $0,304 \Omega$ pro Revex Profi II a $0,31 \Omega$ pro Revex 2051. Při měření proudem 10 A vyšlo $0,29 \Omega$ pro přístroj Revex Profi, $0,31 \Omega$ pro Revex Profi II a $0,3 \Omega$ pro Revex 2051. Oproti spočítaným hodnotám byly o přibližně $0,07 \Omega$ větší, protože při výpočtu byly zanedbány samotné vodiče. Rozdíly ve výsledcích byly obdobné jako v předchozí části. Tyto výsledky by normě již nevyhovovaly a spotřebič by revizní kontrolou neprošel.

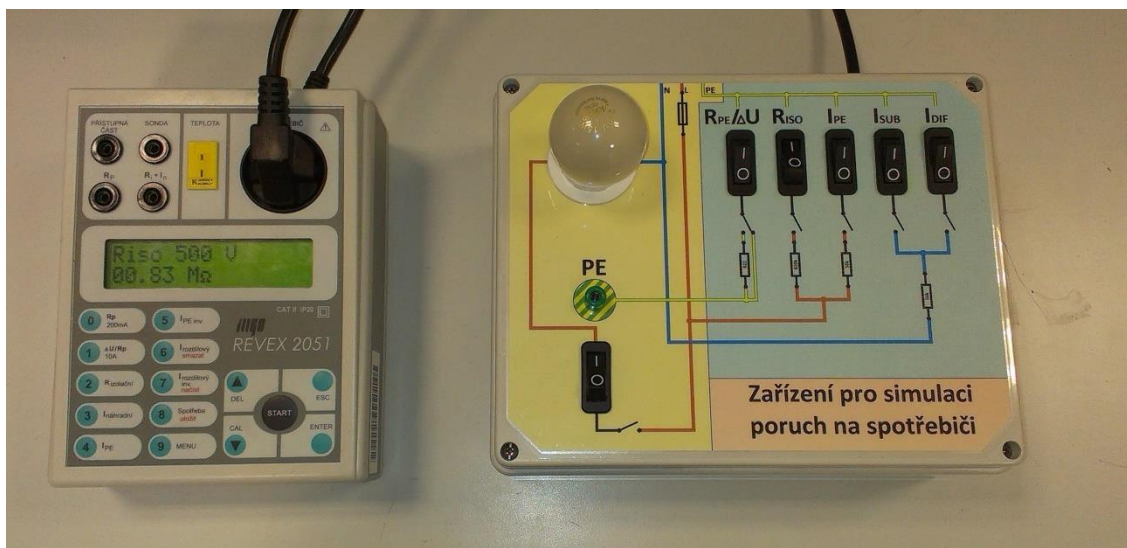


Obr. 6-1 Simulace chyby pro odpor ochranného vodiče s MP Revex Profi II

6.2 Kontrolní měření izolačního odporu.

K tomu bylo využito napětí 500 V. Jeho minimální hodnota je pro laboratorní spotřebič 1 M Ω . Maximální rozsah Revexu Profi a Revexu Profi II je 100 M Ω a Revexu 2051 20 M Ω . Při měření bez spuštěné chyby byly tyto hodnoty překročeny, a tak lze říct, že zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči vyhovuje revizním požadavkům.

V dalším kroku byl sepnut spínač pro simulaci poruchy na izolaci, a tím byla mezi pracovní vodiče a ochranný vodič vložena větev s odporem o velikosti 820 k Ω . Také byl zapnut síťový spínač, aby měření proběhlo správným způsobem. Měření se opakovalo s výsledky 0,775 M Ω pro přístroj Revex Profi, 0,764 M Ω pro Revex Profi II a 0,83 M Ω pro Revex 2051. Teoretická, v návrhu vypočítaná, hodnota odporu by měla být 0,788 M Ω . Přístroje řady Profi se tomuto výsledku velmi blíží. Odchylka přístroje Revex 2051 je mírně vyšší. Tento rozdíl mohl být způsoben neaktuálností kalibrace. Všechny tyto hodnoty jsou menší než normou povolené minimum, takže by zařízení neprošlo revizními zkouškami.



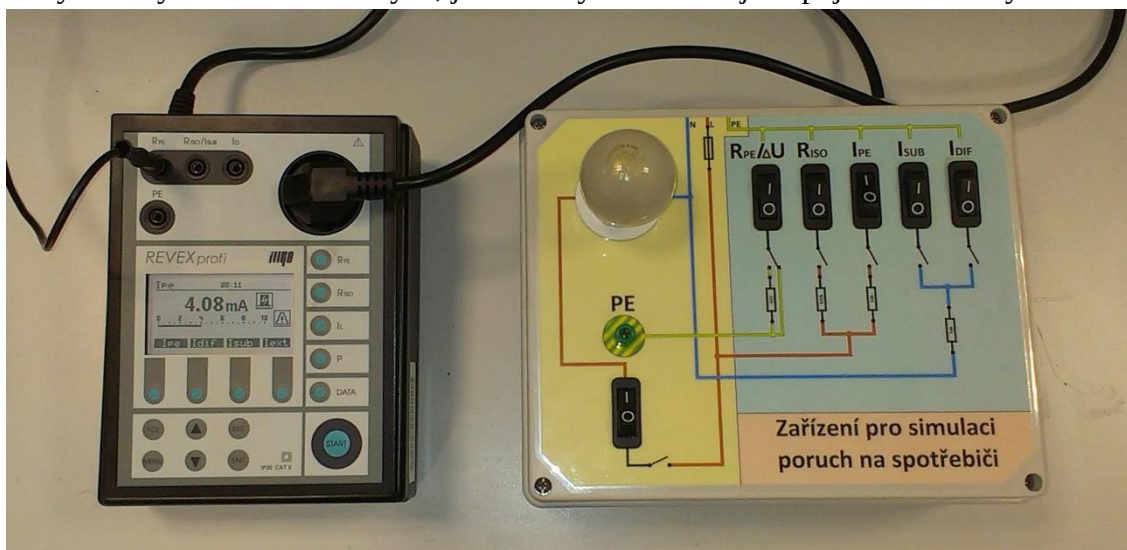
Obr. 6-2 Simulace chyby pro izolační odpor s MP Revex 2051

6.3 Kontrolní měření proudu protékajícím ochranným vodičem

Při něm je zařízení napájeno síťovým napětím. Stav se zjišťuje pro obě polarity přívodní šňůry. Pro laboratorní spotřebič nesmí velikost proudu protékajícím ochranným vodičem překročit 3,5 mA. Sepnuli jsme síťový spínač a zahájili měření. Pro obě polarity napájecího napětí vyšli prakticky nulové proudy. Prověřovaný spotřebič by tedy touto částí revize prošel.

Poté byl sepnut spínač pro simulaci poruchových hodnot. Při nezaměněné polaritě výsledky byly 4,08 mA pro přístroj Revex Profi, 4,013 mA pro Revex Profi II a 4,14 mA pro Revex 2051. Zjištěný proud byl poměrně konzistentní i přes to, že byl měřen různými přístroji. Také je téměř totožný s vypočtenou hodnotou, která činila 4,11 mA. Při

posuzování, jestli vyhovuje normě, by tedy daný spotřebič nevyhovoval. Na závěr byla provedena záměna vodiče L a N. Zjištěné hodnoty byly prakticky totožné, jako ty při kterých nebyla simulována chyba, jelikož chybová větev je napojena na fázový vodič.

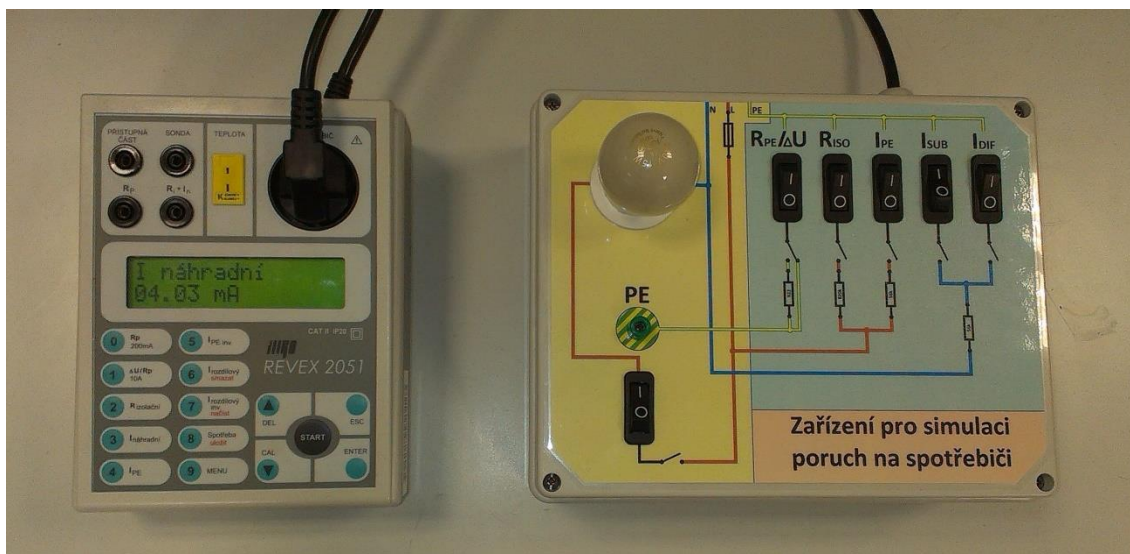


Obr. 6-3 Simulace chyby pro proud procházející PE s MP Revex Profi

6.4 Kontrolní měření náhradního unikajícího proudu

Stejně jako u ostatních, využitých měření unikajícího proudu byl spotřebič napájen síťovým napětím a jeho maximální přípustná velikost pro laboratorní přípravek byla 3,5 mA.

Zapnuli jsme síťový spínač a zahájili měření. Při vypnutém chybovém módu byly zjištěné hodnoty prakticky nulové, takže by spotřebič vyhověl podmínkám normy ČSN 331600 ed.2. Po sepnutí chybového spínače, který se je součástí zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči, jsme měření opakovali. Výsledné hodnoty byly 3,92 mA pro přístroj Revex Profi, 3,78 mA pro Revex Profi II a 4,03 mA pro Revex 2051. Především výpočtem jsme zjistili, že velikost unikajícího proudu by měla být 3,98 mA. Ten je oproti ostatním alternativním metodám nižší, protože unikající proud v simulačním zařízení prochází také zátěží o velikosti 2 k Ω . Vypočtená hodnota je tedy velmi podobná s těmi naměřenými. Velikost proudů by v tomto případě nevyhovovala požadavkům, které stanoví norma.

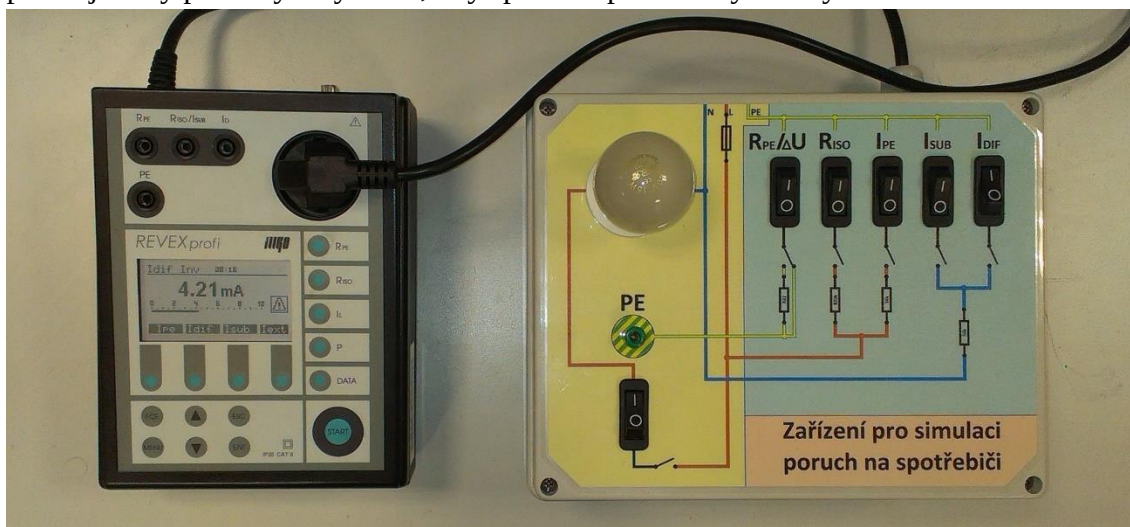


Obr. 6-4 Simulace chyby pro náhradní unikající proud s MP Revex 2051

6.5 Kontrolní měření rozdílového (unikajícího) proudu

Velikost měřicího napětí i maximální dovolené hodnoty jsou stejné jako v předchozích metodách pro unikající proudy. Vlastnosti obvodu byly prověřovány pro obě polarity zkoušecího napětí. Při měření bez simulované chyby byly proudy, zjištěné všemi dostupnými přístroji Revex, prakticky nulové. Zařízení by tedy prošlo touto zkouškou. Stejně tomu bylo i při měření s původní polaritou a sepnutým chybovým spínačem. Maximální velikost rozdílového proudu byla v těchto případech 0,09 mA.

Při měření se spuštěnou chybou byly výsledky dosti rozdílné od těch předešlých a to 4,21 mA pro přístroj Revex Profi, 4,16 mA pro Revex Profi II a 4,03 mA pro Revex 2051. To bylo způsobeno tím, že chybová větev byla napojena na nulový vodič. Vypočtená velikost činila 4,11 mA, což přibližně odpovídá těm naměřeným. Rozdílový (unikající) proud je tedy příliš vysoký na to, aby splňoval požadavky normy ČSN 331600 ed.2.



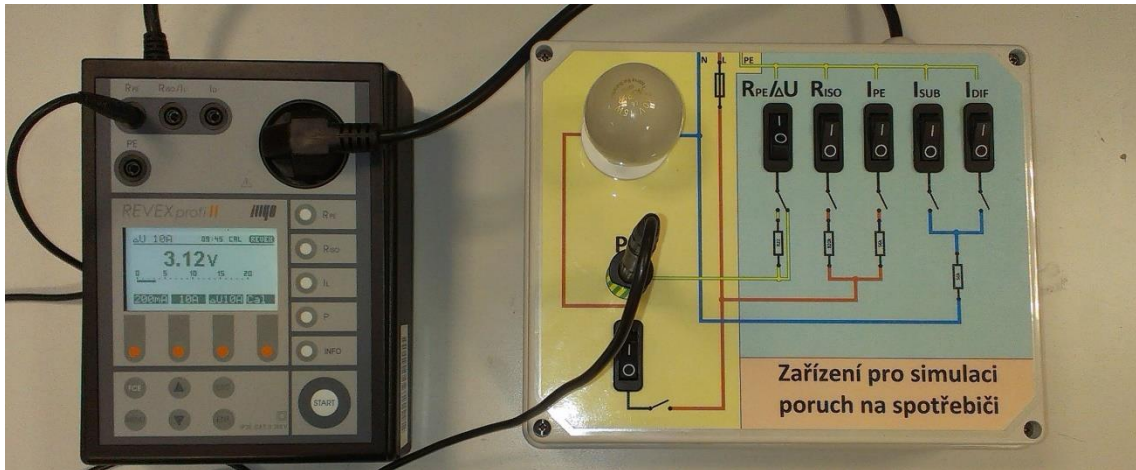
Obr. 6-5 Simulace chyby pro rozdílový (unikající) proud s MP Revex Profi

6.6 Kontrolní měření dotykového napětí

Jedná se o jednu z metod, kterou lze zjistit odpor ochranného vodiče a její postup je tomu také podobný. Odpor se dopočítává ze znalosti změřeného napětí a proudu zdroje. Při měření proudem 10 A tedy musí být úbytek menší než 2 V, aby rezistivita nepřesahovala $0,2\Omega$.

Před započetím samotné zkoušky bylo třeba MP zkalibrovat. Změřený úbytek napětí, při nesimulovaných závadách, byl 0,7 V pro přístroj Revex Profi, 0,78 V pro Revex Profi II a 0,6 V pro Revex 2051. Výsledný odpor po přepočtu tedy vyšel $0,07\Omega$ pro přístroj Revex Profi, $0,078\Omega$ pro Revex Profi II a $0,06\Omega$ pro Revex 2051. Tyto hodnoty jsou dostatečně malé na to, aby vyhověli normě ČSN 331600 ed. 2.

Poté jsme simulovali chybu na spotřebiči a celý postup opakovali. Hodnoty, které jsme zjistili byly 2,9 V pro přístroj Revex Profi, 3,12 V pro Revex Profi II a 3 V pro Revex 2051. Ty jsme pak přepočítali a výsledný odpor vodiče vyšel $0,29\Omega$ pro přístroj Revex Profi, $0,312\Omega$ pro Revex Profi II a $0,3\Omega$ pro Revex 2051. Tyto výsledky jsou příliš vysoké, aby daný spotřebič prošel revizí.

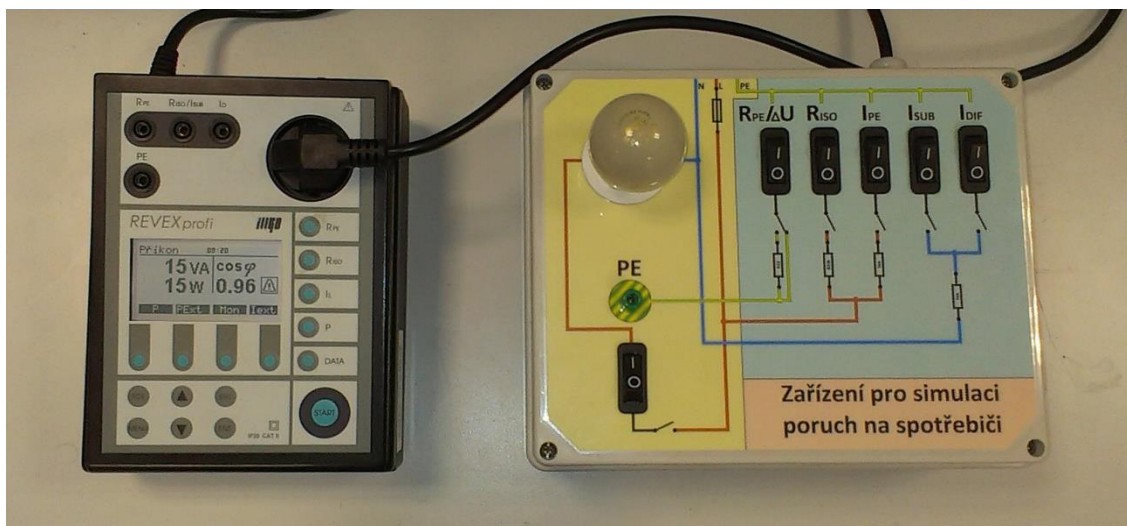


Obr. 6-6 Simulace chyby pro úbytek napětí s MP Profi II

6.7 Kontrolní měření spotřeby

Jelikož je jako spotřebič použita 15 W žárovka, bylo očekáváno, že účinník bude téměř roven 1, a tím pádem si velikosti zdánlivého i činného výkonu budou podobné. Přístroje řady Revex Profi dokážou změřit všechny výše jmenované veličiny, ale Revex 2051 je určen pouze ke zjištění příkonu. Pro tuto úlohu nebyly simulovány žádné chyby na spotřebiči.

Změřené příkon vyšel byl 15 VA pro přístroj Revex Profi, 16 VA pro Revex Profi II a 5 VA pro Revex 2051. Z toho vyplývá, že poslední použitý přístroj není správně zkalibrován a stav jím zjištěný, je chybný. Činný výkon byl 15 W pro oba přístroje. Účinník činil 0,96 pro přístroj Revex Profi a 0,94 pro Revex Profi II. Tyto hodnoty již odpovídají těm předpokládaným.



Obr. 6-7 Měření spotřeby s MP Revex Profi

6.8 Shrnutí

Měření byly ověřeny vlastnosti vyrobeného zařízení. V případech, kdy nebyly simulované žádné poruchy zařízení odpovídalo stanoveným normám, a to s velkou rezervou oproti hraničním hodnotám. Pokud byly chyby na zařízení spuštěny, tak by žádná změřená veličina neodpovídala požadavkům normy ČSN 331600 ed. 2. Tudiž požadavky na toto zařízení byly splněny

Velikost zjištěných veličin v tomto případě přesahuje ty povolené jen mírně. A to z důvodu ochrany obsluhy a přístrojů používaných při této laboratorní úlohy. Pokud by byly zvoleny příliš vysoké, tak by kvůli ochranným opatřením přístrojů typu Revex měření vůbec nezačalo. V takovýchto případech MP pouze informuje obsluhu o tom, že byla překročena jistá mez, a že z bezpečnostních důvodů danou úlohu nelze změřit.

Velikosti zjištěných veličin přibližně odpovídali těm, které byly vypočítány při návrhu, kromě dvou výjimek. První je odpor ochranného vodiče, který je mírně vyšší z důvodu, že při výpočtech nebyl započítán odpor vodičů. Druhá byl příkon spotřebiče při měření přístrojem Revex Profi. To bylo způsobeno chybným měření tohoto MP, u kterého by pravděpodobně pomohla kalibrace.

Tabulka 6-1 Změřené hodnoty

Měřená veličina	Jednotky	Revex Profi		Revex Profi II		Revex 2051	
		Bez chyby	S chybou	Bez chyby	S chybou	Bez chyby	S chybou
Odpor PE (200 mA)	[Ω]	0,062	0,293	0,078	0,310	0,06	0,300
Odpor PE (10 A)	[Ω]	0,07	0,29	0,08	0,31	0,06	0,30
Izolační odpor (500 v)	[MΩ]	>100	0,775	>100	0,764	>20	0,83
Proud procházející PE	[mA]	0	4,08	0,02	4,13	0,02	4,14
Proud procházející PE (inv)	[mA]	0	0	0,02	0,02	0,02	0,02
Náhradní unikající proud	[mA]	0,019	3,92	0,017	3,780	0,02	4,03
Rozdílový unikající proud	[mA]	0	0	0	0	0,09	0,09
Rozdílový proud (inv)	[mA]	0	4,21	0	4,16	0,09	4,17
Úbytek napětí na PE	[V]	0,7	2,9	0,78	3,12	0,6	3
Příkon	[VA]	15		16		5	
Výkon	[W]	15		15		-	
Účíník	[-]	0,96		0,94		-	

7. ZÁVĚR

V bakalářské práci bylo navrženo a sestrojeno zařízení pro simulaci chyb na spotřebiči. Během práce bylo domluveno s vedoucím, že bude rozšířena o sestrojení samotného světelného spotřebiče. Jelikož výsledný přístroj je součástí laboratorní úlohy, na které budou studentům demonstrovány metody používané při revizi spotřebiče, je tato práce zaměřena na ně.

Zařízení pro spuštění chyb funguje na principu spínačů, které do obvodu připojí odpory určité velikosti. Jejich umístění koresponduje s konkrétní metodou, při které se má chyba spustit. Při nesepnutí spínačů zařízení splňuje parametry dané normami. Hodnoty daných odporů byly nejdříve vypočítány tak, aby zařízení nesplnilo platné normy, ale aby je také výrazně nepřekračovalo. Poté bylo celé zapojení simulováno včetně měřicího přístroje, kterým bude celá laboratorní úloha měřena (Revex). K tomu byl využit program TINA9.0. MP je v simulacích zobrazen tak, aby byly zřejmé jeho vlastnosti při konkrétní metodě. V průběhu prvního semestru bylo sestrojeno a odměřeno zařízení, díky kterému se ověřila správnost předchozích výpočtů a simulací.

V průběhu druhého semestru bylo sestrojeno zařízení pro simulaci chyb, jehož součástí je samotný světelný spotřebič, na kterém budou tyto chyby spouštěny. Dále byl sepsán návod, podle kterého bude probíhat laboratorní úloha. Ten obsahuje stručný úvod do této problematiky a postup, podle kterého budou studenti plnit tuto úlohu. Poté byl sepsán protokol k vyplnění, včetně vzorového řešení.

V další části bylo třeba ověřit správnou funkci sestrojeného zařízení, návodu i protokolu. Proběhlo tedy kontrolní měření. K němu bylo využito všech dostupných MP, které budou v laboratorní úloze používány (Revex Profi, Revex Profi II a Revex 2051). Postupovalo se podle návodu a změřené hodnoty byly zapsány do protokolu. Při kontrole odporu ochranného vodiče byly naměřeny hodnoty o přibližně $0,07\ \Omega$ vyšší, než vyšly ze simulací. To bylo způsobeno zanedbáním odporu vodičů využitých v zařízení. Nicméně tato hodnota je podstatně nižší než $0,2\ \Omega$, takže zařízení pracuje správně. Při simulování chyby byly změřené veličiny vyšší, než které povoluje norma ČSN 331900 ed. 2. Při prověřování izolačního odporu a unikajících proudů byly zjištěné hodnoty velmi podobné těm spočítaným, takže také splňují požadované zadání. Rozdíl výsledků jednotlivých MP byl maximálně několik procent z důvodu jejich nepřesnosti. Kontrola úbytku napětí, rozdílových proudů, náhradních unikajících proudů a spotřeby je z časových důvodů dobrovolná. Metoda úbytku napětí je alternativní způsob, jak zjistit odpor ochranného vodiče, a ten po přepočtení vyšel skoro totožně. Při měření spotřeby bylo předpokládáno, že účinník bude téměř roven jedné a výkon bude přibližně $15\ \text{W}$ (jako spotřebič je použita $15\ \text{W}$ žárovka). To bylo potvrzeno přístroji Revex Profi a Revex Profi II. Revex 2051 měřil chybně s výsledkem $5\ \text{W}$. To mohlo být způsobeno špatnou kalibrací přístroje. Seznam všech naměřených hodnot se nachází v tabulce 6.1 v podkapitole Shrnutí.

Kontrolního měřením bylo ověřeno, že sestrojené zařízení funguje správně. Při

nespuštěné chybě byly všechny kontrolované veličiny v souladu s požadavky, které jsou stanoveny normou. Po sepnutí chybových spínačů jsou mimo povolený rozsah, tudíž by proměřovaný spotřebič revizní zkouškou neprošel. Při prověřování rozdílového proudu a proudu procházejícím ochranným vodičem se porucha projeví jen při jedné z možných polarit. Tento postup byl zvolen proto, aby se student lépe seznámil s danou metodou a pochopil její princip. Při měření byla taktéž ověřena správnost návodu a protokolu.

Literatura

- [1] ČSN 33 2000-6 ED. 2. Elektrické instalace nízkého napětí: Část 6: Revize. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [2] ČSN 33 1600 ED. 2. Revize a kontroly elektrických spotřebičů během používání. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [3] Návod na použití přístroje REVEX PROFI. *Www.illko.cz* [online]. Blansko: ILLKO s.r.o, 2011, 2017 [cit. 2018-12-11]. Dostupné z: https://www.illko.cz/images/dokumenty/navod-revexprofi%202_priloha.pdf
- [4] KADLEC, Radim a Miloslav STEINBAUER. Elektrické instalace Počítačové a laboratorní úlohy. *Vutbr.cz* [online]. Brno: -, 0015n. l. [cit. 2018-12-11]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Petr/Downloads/MEIC_2015_Navody_na_PC_a_laboratore%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Petr/Downloads/MEIC_2015_Navody_na_PC_a_laboratore%20(4).pdf)
- [5] Kadlec, Radim. Revize elektrické instalace [přednáška MEIC] Brno: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT. 2014.
- [6] Impedance poruchové smyčky. *Www.illko.cz* [online]. Blansko: ILLKO s.r.o, 2017 [cit. 2018-12-11]. Dostupné z: https://www.illko.cz/images/dokumenty/mereni_z_loop.pdf
- [7] KŘÍŽ, Michal. Dovolená dotyková napětí. *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. Praha: IN-EL, 2014 [cit. 2018-12-11]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/360>
- [8] Elektrické přístroje a spotřebiče. *M.treals.webnode.cz* [online]. Blansko: webnode, 2009 [cit. 2018-12-11]. Dostupné z: <http://m.treals.webnode.cz/revize-elektro/elektricke-stroje-a-naradi/>
- [9] KADLEC, Radim. Bezpečná instalace, bezpečná činnost a revize: Téma D [online]. Brno, 2018 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://moodle.vutbr.cz/course/view.php?id=200545>. Přednáška XELE. VUT Brno.
- [10] KOUPÝ, LEOŠ. Impedance poruchové smyčky - 1. díl. Elektřina [online]. Praha: ILLKO, 2017, 1. prosince 2017 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/merici-technika/impedance-poruchove-smycky-1-dil>